



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MOŽNOSTI SYSTÉMU SINUMERIK 840D PŘI PROGRAMOVÁNÍ LOUSKÁČKU NA OŘECHY

SINUMERIK 840D TOOLS FOR PROGRAMMING OF NUTCRACKERS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MIROSLAV KUNDELA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ALEŠ POLZER, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Miroslav Kundela

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Možnosti systému Sinumerik 840D při programování louskáčku na ořechy

v anglickém jazyce:

Sinumerik 840D tools for programming of nutcrackers

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tato diplomová práce je zaměřena na oblast soustružení jednotlivých součástí sestavy s názvem "Louskáček na ořechy". Technologie je zpracovávána pro dvouvřetenové soustružnické centrum SP280SY s řídicím systémem Sinumerik 840D sl. Nástrojové vybavení je nutno volit s ohledem na vybavení laboratoří ÚST. Vlastní návrh celé sestavy i zpracovávaná technická dokumentace musí být vytvořena rovněž s ohledem na vyrobiteľnost v laboratořích ÚST. Celý návrh je nutno doplnit i ekonomickým hodnocením se stanovením výrobních nákladů.

Cíle diplomové práce:

- stručné začlenění řídicího systému Sinumerik 840D - ShopTurn mezi ostatní řídicí systémy obráběcích strojů a metody NC programování
- návrh a zpracování technické dokumentace obráběné funkční sestavy
- výroba je orientována na podmínky laboratoře ÚST FSI VUT v Brně
- praktické ověření výrobního procesu simulací v softwaru SinuTrain 7.5
- ekonomické zhodnocení výrobních nákladů navržené sestavy

Seznam odborné literatury:


- ATKINS, Anthony G. The science and engineering of cutting: the mechanics and processes of separating, scratching and puncturing biomaterials, metals and non-metals. 1st ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, c2009, xiii, 413 s. ISBN 978-0-7506-8531-3.
- SMITH, Graham T. Cutting tool technology: industrial handbook. London: Springer, c2008, xii, 599 s. ISBN 978-1-84800-204-3.
- XU, Yongdong. Chemical vapour deposition: an integrated engineering design for advanced materials. London: Springer, c2010, 342 s. Engineering materials and processes. ISBN 978-1-84882-893-3.
- TSCHÄTSCH, Heinz. Applied machining technology. Dordrecht: Springer, c2009, xvii, 398 s. ISBN 978-3-642-01006-4.
- Machining of hard materials. Editor J Davim. London: Springer, c2011, xii, 211 s. ISBN 978-1-84996-449-4.
- Surface integrity in machining. Editor J Davim. London: Springer, 2010, 215 s. ISBN 978-1-84882-873-5.
- STAHL, Jan-Eric. SECO TOOLS AB. Metal Cutting Theories and Models. Lund, Sweden: Lund University, Metal Cutting Theories and Models. ISBN 978-91-637-1336-1.
- FITZPATRICK, Michael. Machining and CNC Technology. 1st ed. Boston: McGraw-Hill Science Engineering, 2004. ISBN 00-782-9860-1.
- SIEMENS. Sinumerik 840D/840Di/810D: Příručka programování - Základy. 03.04. 2004, 486 s.
- SIEMENS. Sinumerik 840D/840Di/810D: Příručka programování - Pro pokročilé. 03.04. 2004, 660 s.
- SIEMENS. Sinumerik 840D/840Di/810D: ShopTurn - Obsluha/Programování. 06.03.2003, 435 s.
- AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. (Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. Překlad M. Kudela.), 1. vyd., Praha, Scientia, s.r.o., 1997. 857 p. ed. J. Machač, J. Řasa, ISBN 91-97 22 99-4-6.


Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 24.10.2013




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá třískovým obráběním za pomoci systému Sinumerik 840D - ShopTurn. První část se zabývá začleněním řídicího systému Sinumerik 840D - ShopTurn mezi ostatní řídicí systémy. Dále se práce zabývá základními metodami NC programování s důrazem na dílensky orientované programování. Praktická část obsahuje návrh a zpracování technické dokumentace ke zvolené součásti (louskáček na ořechy), včetně vytvoření CNC programu za pomoci dílensky orientovaného prostředí – Sinumerik 840D ShopTurn. Program byl ověřen pomocí grafické simulace v softwaru SinuTrain 7.5 a také přímo u stroje SP 280SY. Na závěr bylo vytvořeno technicko - ekonomické zhodnocení navrhnuté technologie výroby.

Klíčová slova

Siemens, Sinumerik 840D, louskáček na ořechy, SinuTrain 7.5, SP280SY, ShopTurn

ABSTRACT

This thesis is engaged chip machining using the system Sinumerik 840D-ShopTurn. The first part of the thesis is engaged the incorporation of the control system Sinumerik 840D - ShopTurn among other control systems. The thesis also deals with the basic methods of NC programming with an emphasis on workshop-oriented programming. The practical part includes design and preparation of technical documentation for the selected part (nutcracker), including creating a CNC program using workshoporiented environment - Sinumerik 840D ShopTurn. The program was validated using a graphical simulation software SinuTrain 7.5 and also directly at the machine SP 280SY. At the conclusion was created techno - economic evaluation of the proposed technology.

Key words

Siemens, Sinumerik 840D, nutcracker, SinuTrain 7.5, SP280SY, ShopTurn

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUNDELA, M. *Možnosti systému Sinumerik 840D při programování louskáčku na ořechy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 73 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Aleš Polzer, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Možnosti systému Sinumerik 840D při programování louskáčku na ořechy** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Miroslav Kundela

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Alešovi Polzerovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce, panu Jiřímu Čechovi za pomoc a rady při sestavování potřebných upínačů a nástrojů pro výrobu součástí a rady při tvorbě programu. Také děkuji své rodině, přítelkyni a všem svým blízkým za podporu při psaní diplomové práce.

Zároveň bych rád poděkoval za možnost využití vybavení NETME Centre, regionálního výzkumného a vývojového centra vybudovaného z finančních prostředků Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace v rámci projektu NETME Centre (Nové technologie pro strojírenství), Reg. č.: CZ.1.05/2.1.00/01.0002 a podporovaného v navazující fázi udržitelnosti prostřednictvím projektu NETME CENTRE PLUS (LO1202) za finančního přispění Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu “Národní program udržitelnosti I”.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD	9
1 ZAČLENĚNÍ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU SINUMERIK 840D MEZI OSTATNÍ ŘÍDICÍ SYSTÉMY	10
1.1 Vývoj číslicově řízených strojů a jejich řídicích systémů.....	10
1.2 Řídicí systém Sinumerik	11
1.3 Řídicí systém Heidenhain	14
1.4 Řídicí systém Fanuc.....	16
2 METODY NC PROGRAMOVÁNÍ	17
2.1 ISO programování.....	17
2.2 Programování pomocí cyklů	19
2.3 Parametrické programování	20
2.4 Dílensky orientované programování.....	20
2.5 CAD/CAM software	21
3 SYSTÉM SINUMERIK 840D – SHOPTURN	22
3.1 Orientace v prostředí ShopTurn.....	22
3.2 Geometrické základy	23
3.2.1 Osy a roviny	23
3.2.2 Body v pracovním prostoru.....	24
3.2.3 Zadávání rozměrů.....	24
3.3 Technologické základy	26
3.4 Správa nástrojů	26
4 NÁVRH A ZPRACOVÁNÍ TECHNICKÉ DOKUMENTACE SOUČÁSTI – LOUSKÁČEK NA OŘECHY	29
4.1 Navrhovaná součást – Louskáček na ořechy	29
4.2 CNC soustruh SP 280SY	29
4.3 Volba materiálu.....	32
4.4 Technologické výpočty.....	32

4.5	Pevnostní výpočty	39
4.6	Nástrojové vybavení, upínací systémy nástrojů	41
4.7	Výkonová a momentová charakteristika	42
4.7	Technologický postup	45
4.7.1	Technologický postup pro součásti Zvon	45
4.7.2	Technologický postup pro součásti Šroub	46
4.7.3	Technologický postup pro součásti Rameno	46
4.7.4	Technologický postup pro součásti Klika	46
4.7	Drsnost povrchu	47
5	TVORBA PROGRAMU V SYSTÉMU SINUMERIK 840d SHOPTURN	48
5.1	Tvorba NC programu	48
5.2	Jednotlivé programy pro výrobu součástí	54
5.3	Ověření NC programu – grafické simulace	56
6	TECHNICKO - EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	58
6.1	Výpočet nákladů na materiál	58
6.2	Analýza strojních časů (při trvanlivosti nástrojů T = 15 min)	60
6.3	Stanovení výsledné ceny	63
	ZÁVĚR	65
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM PŘÍLOH	73

ÚVOD

Neustálý tlak na zvyšování přesnosti, kvality obráběných ploch, produktivity a v neposlední řadě také na nízké náklady a výsledný zisk, vede k hledání nových technologií. Tyto a další požadavky vedou k čím dál většímu využití CNC obráběcích strojů, které mají předpoklady k plnění zmíněných požadavků. Díky snadnému programování za pomoci specializovaných řídicích systémů se stává výroba více pružnou. Mezi tyto softwary patří právě Sinumerik 840D – ShopTurn. Pomocí CNC obráběcích center můžeme vyrábět i velmi složité součásti, pro které jsme v minulosti potřebovali využít množství jednoúčelových strojů. Se zavedením CNC obráběcích strojů se zvyšuje automatizace a tím se snižuje podíl lidského faktoru a zároveň i podíl chyb, které s lidským faktorem souvisí.

Tato diplomová práce se zabývá návrhem vybrané součásti Louskáček na ořechy, vytvořením potřebné technické dokumentace a tvorbou programu v řídicím systému Sinumerik 840D – ShopTurn. Tento řídicí systém je popsán a začleněn mezi ostatní řídicí systémy používané v České republice. Pro samotnou tvorbu je využit program SinuTrain 7.5. Výroba je orientována na podmínky laboratoře ÚST FSI VUT v Brně s využitím dvou vřetenového soustružnického centra SP280SY. Na závěr je provedeno technickoekonomické zhodnocení.

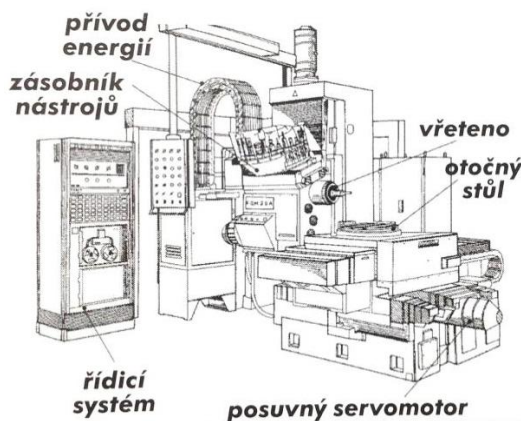
1 ZAČLENĚNÍ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU SINUMERIK 840D MEZI OSTATNÍ ŘÍDICÍ SYSTÉMY

CNC stroje jsou vybaveny řídicím systémem, který zpracovává vložené informace a řídí chod stroje. Moderní CNC stroje mají rozsáhlé programové vybavení a vysokou flexibilitu. Často je také implementováno dílenské programování. V současné době existuje ve strojírenském průmyslu velké množství vyráběných CNC strojů ŘS. Mezi nejpoužívanější ŘS v české republice patří systémy od firem Siemens, Heidenhain a Fanuc, o kterých budou zmíněny podrobnosti. K dalším používaným systémům patří například produkty od značek Fagor, Mazatrol a Mach 3.

1.1 Vývoj číslicově řízených strojů a jejich řídicích systémů

Počátek výroby číslicově řízených strojů se datuje na konec 2. světové války v USA. Hnací motor pro změnu byla změna nevhodné a složité výroby součástí letadel, které se vyráběli pomocí kopírování vyrobeného modelu. Pokrok ve výzkumu servomotorů umožnil vytvoření první vícevřetenové frézky, která se stala hojně využívanou právě ve výrobním a leteckém průmyslu. NC řízení probíhalo pomocí děrné pásky, kterou v 50. letech 20. století začala nahrazovat magnetická páska. K pohonu se začaly využívat hydromotory řízené elektricky. První číslicově řízené stroje byly založeny na technologii elektronek. Odměřování dráhy se provádělo optickými snímači. Vývoj NC a také CNC řízení se odvíjel od míry pokroku paměťových médií. Řídicí systémy dělíme podle stupně vývoje do pěti vývojových generací [1, 2].

- Stroje první generace byly odvozeny od konvenčních obráběcích strojů. Pro logické a výpočetní části byly použity elektronky a relé. Stroje spadají do 50. let 20. století [1, 2].
- Stroje druhé generace již byly konstruovány pro NC řízení. Při jejich konstrukci byly používány tranzistory. Výměna nástrojů již zde probíhá automaticky. Pro uchování informací sloužily děrné pásky či štítky, které byly postupně nahrazeny magnetickými páskami. Objevili se první dopravníky třísek (zejména u soustruhů). Příkladem může být stroj FQH 50 NC ZPS Gottwaldov [1, 2].



Obr. 1 Stroj FQH 50 NC ZPS Gottwaldov [2].

- V třetí generaci se poprvé objevují počítačem řízené stroje (CNC). První tyto stroje se objevují na konci 70. let 20. století. Záznamové média ve formě děrných štítků (pásek) či magnetických pásek byla nahrazena přímým zadáním informací do stroje pomocí klávesnice a ukládány do vnitřní paměti popřípadě jsou pro přenos používány externí média (např. diskety). Důležitým znakem 3. vývojové generace je práce v automatizovaných výrobních linkách s automatickou výměnou obrobků. Dalším znakem je „stavebnicovost“ jednotlivých strojů. Mezi stroje 3. generace patří například stroj MCFHD 80 (Tos Kuřim) [1, 2, 3].
- Čtvrtá generace se vyznačuje možností kompletní automatizace. Ta zahrnuje automatickou výměnu nástrojů včetně výměny při opotřebením, výměnu obrobků, mezi operační dopravu i odvod třísek. Tato generace je založena na mikropočítačových strukturách a integrovaných obvodech a spadá do 80. let 20. století. Tyto stroje jsou masivně nasazovány do nejrůznějších sestav při výrobě široké palety obrobků [1, 2, 3].
- V páté generaci se dále zvyšuje stupeň technologie mikroprocesorů, díky čemu se zefektivňuje a zrychluje proces řízení CNC. Díky výkonnější počítačové podpoře přibývá i počet os, v kterých lze provádět obrábění. Provádí se měření pomocí sond i pomocí laserového odměřování přímo během obráběcího cyklu, které dále zvyšuje přesnost obrábění. Pro výrobu tvarově velmi složitých součástí se dále používá CAD/CAM technologie. V ŘS se čím dál více používá grafické prostředí pro zjednodušení programování přímo u stroje, toto prostředí je nazýváno dílenským programováním [1, 2, 3].

1.2 Řídicí systém Sinumerik

Řídicí systém Sinumerik je produktem německé společnosti Siemens AG. Vznikl již v roce 1964 a po padesáti letech vývoje patří mezi nejpoužívanější řídicí systémy na světě. Je využíván ve všech průmyslových odvětvích. Největší využití nachází v automobilovém a leteckém průmyslu. Nejstarší verze systému (Sinumerik 200 a 300) byly používány zvláště u frézování, soustružení a broušení. Sinumerik 500 byl první systém pro číslicové řízení obsahující počítač [5, 6, 7].

Sinumerik v současnosti nabízí řadu verzí, jenž každá nabízí jiné možnosti řízení strojů. Liší se zejména v počtu řízených os, výkonosti a možnostech využití. Je zde také možnost využití dílenského programování v ShopMill a ShopTurn, který umožňuje snadné programování přímo ve výrobě [5, 6, 7].

Typy řídicích systémů:

- SINUMERIK 802C /802S base line,
 - vyvinut pro jednodušší a nenáročné stroje,
 - 802S je určen pro krokové motory,
 - 802C je určen pro analogové pohony,
 - extrémně jednoduchá údržba a programování,
 - řízení až čtyř os (jedno analogové vřeteno a tři analogové lineární osy),
 - ovládací panel je oddělen od NC části [8],
- SINUMERIK 802D sl (solution line),
 - řízení maximálně pěti os, z nichž můžou být až dvě vřetena,
 - digitální pohony SINAMICS S120,
 - jednoduchá obsluha a vysoká spolehlivost,
 - určen pro frézování nebo soustružení kde jsou zapotřebí nižší či střední výkony,
 - možnost tvorby cyklů a definování kontur [5, 8],
- SINUMERIK 808D,
 - digitální řízení až šesti os včetně dvou vřeten,
 - 3 podtypy (soustružení, frézování, práce na PC),
 - vhodný pro začátečníky [5, 8],
- SINUMERIK 828D BASIC T,
 - digitální řízení až pěti os /vřeten,
 - odolný a kompaktní ovládací panel,
 - určen pro soustružnická centra [5, 8],
- SINUMERIK 828D BASIC M,
 - digitální řízení až pěti os /vřeten,
 - odolný a kompaktní ovládací panel,
 - určen pro frézovací centra [5, 8],

- SINUMERIK 828D,
 - digitální řízení maximálně osmi os / včetně,
 - ovládání soustružnických i frézovacích center,
 - vhodný jak pro sériovou tak pro kusovou výrobu,
 - možnost dílenského programování ShopMill / ShopTurn,
 - přenos dat přes USB, CF-karty, Ethernet [5, 8],
- SINUMERIK 840Di sl,
 - digitální řízení až 20 os,
 - vhodný pro decentralizované řízení,
 - vhodný pro i pro speciální stroje,
 - využívání USB a Ethernet rozhraní,
 - robustní průmyslové PC [5, 8],
- SINUMERIK 840D sl,
 - digitální řízení až 31 os,
 - integrovaný do pohonů S120 SINAMICS,
 - vysoký výkon a flexibilita [5, 8],
- SINUMERIK 840D,
 - digitální řízení 31 os,
 - integrované bezpečnostní funkce pro člověka a stroj - Safety integrated,
 - vysoký výkon a flexibilita,
 - vhodný pro nejširší spektrum aplikací (technologie soustružení, frézování, broušení, vrtání, laser, atd.) [5, 8].



Obr. 2 Systém Sinumerik 840D [9].

1.3 Řídicí systém Heidenhain

Společnost vznikla roku 1889. Wilhelm Heidenhain založil dílnu, která se zaměřovala na technologii leptání kovů. Vyráběla šablony, štítky, stupnice a měřítka. Po obnovení firmy po 2. Světové válce převzal firmu syn a založil firmu DR. JOHANNES HEIDENHAIN v Traunreutu. Firma zaměřovala na výrobu stupnic a měřítek pro váhy se zobrazením cen a brzy také na optické snímače polohy pro obráběcí stroje. V 60. letech nastal přechod ke snímačům délek a úhlů s fotoelektrickým snímáním. Díky tomu byla poprvé využívána automatizace strojů a zařízení ve výrobním průmyslu. V 70. letech se společnost zařadila mezi významné výrobce řízení a pohonů obráběcí stroje [10].

V současnosti má společnost pobočky ve více než 50 zemích světa. TNC řídicí systémy obsahující dialogové programování (Klartext) jsou evropským standardem pro výrobu forem a nástrojů [10].

Typy řídicích systémů:

- MANUALplus 620,
 - pro soustruhy s jedním vřetenem, jedním suportem (osa X a Z), C osou nebo polohovatelným vřetenem a poháněnými nástroji,
 - snadné programování pomocí cyklů,
 - **smartTurn** - dílensky orientované programování,
 - digitální i analogové pohony,
 - horizontální i vertikální soustruhy [11],
- CNC PILOT 640,
 - pro soustruhy s jedním vřetenem, jedním suportem (osa X a Z), C osou nebo polohovatelným vřetenem a poháněnými nástroji s osou Y a osou B,
 - snadné programování pomocí cyklů,
 - **SmartTurn** - dílensky orientované programování,
 - digitální i analogové pohony,
 - horizontální i vertikální soustruhy [11],
- TNC 128,
 - pravoúhlé řízení tří os a vřetene,
 - kompaktní systém vhodný pro kusovou a malosériovou výrobu,

- dílensky orientované programování,
 - jednoduchá obsluha [11],
- TNC 320,
 - možnost řízení až pěti os,
 - souvislé řízení vhodné pro frézky, vrtačky a vyvrtávačky,
 - dílensky orientované programování,
 - vhodné pro sériovou i kusovou výrobu, výrobu nástrojů a forem, výzkum a vývoj, prototypů [11],
- iTNC 530,
 - digitální řízení až třinácti,
 - všestranný řídicí systém,
 - souvislé řízení vhodné pro univerzální frézovací stroje, obráběcí centra automatické obrábění, karusely,
 - ISO a dílensky orientované programování,
 - funkce AFC [11],
- TNC 620,
 - řízení až pěti os a neřízené vřeteno,
 - kompaktní souvislé řízení vhodné pro univerzální frézky a vyvrtávačky,
 - vhodný pro kusovou i sériovou výrobu,
 - možnost dílensky orientovaného programování,
 - možnost programování na TNC pracovišti mimo dílnu [11].
- TNC 640,
 - kombinace frézování a soustružení,
 - řízení až osmnácti os,
 - možnost dílenského programování,
 - v současnosti nejvyšší řada od společnosti Heidenhain [11].

1.4 Řídicí systém Fanuc

Mezinárodní společnost vznikla v roce 1956 v Japonsku. Společnost Fanuc je jednou z top společností zabývajících se automatizačními technologiemi. Zaměřuje se na ŘS pro CNC stroje, ale také na výrobu pohonů a jejich komponentů či kompletních řešení pro stroje na bázi laserů. Její ŘS pro CNC se dělí do několika produktových řád dle náročnosti výroby a výkonnosti softwaru [12].

Typy řídicích systémů:

- Série 30i / 31i / 32i,
 - možnost řízení až 40 os a 8 vřeten, současně řízený os může být až 24,
 - určeno pro náročné aplikace a vysoký výkon,
 - řízení až v 10 kanálech,
 - extrémně vysoká přesnost interpolace [12].
- Série 0i Model D,
 - možnost řízení až 11 os a 4 vřeten, maximálně 4 osy současně,
 - vhodný pro soustruhy, frézky, vrtačky i obráběcí centra,
 - možnost využití programu dílenského programování MANUAL GUIDE 0i (usnadňuje vytváření programu v ISO kódu) a TURN MATE i (podpora soustružnických cyklů) [12],
- Série 0i Mate – Model D,
 - 5 řízených os a až dvou řízených vřeten,
 - 3 osy řízené současně s použitím pohonů série βi ideální pro standardní obráběcí stroje,
 - podporuje software MANUAL GUIDE 0i a TURN MATE i [12],
- Power Motion i,
 - možnost řízení až 32 os,
 - 4 použitelné kanály pro řízení,
 - funkce Dual Check safety,
 - vhodné pro obalové, manipulační či polohovací systémy, pily, lisy a vysekávací stroje [12].

2 METODY NC PROGRAMOVÁNÍ

Moderní technika dnes nabízí více možností jak dosáhnout výsledného CNC programu. Jsou vyžadovány také odlišné úrovně vědomostí potřebné pro vytvoření požadovaného programu. Do ŘS jsou zaváděny různé nástavby a zjednodušení, které urychlují a zefektivňují tvorbu programu, ale také pomáhají dosáhnout lepších výsledků (snižují opotřebení nástroje, zvyšují efektivitu či zajišťují lepší strukturu povrchu). CNC program není již třeba tvořit přímo u stroje, ale i u PC a následně do stroje nahrán přes síťové rozhraní nebo přes paměťová média. Mezi metody programování patří klasické ISO programování, parametrické programování, programování pomocí cyklů, dílensky orientované programování a využití CAD/CAM softwaru.

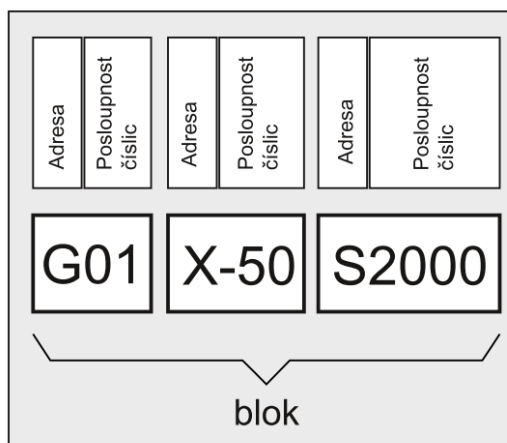
2.1 ISO programování

Základní a nejstarší metoda programování. Používá se pro ni také označení programování v G-kódu. Program se píše ručně nejlépe přímo ve specializovaném programu, ale lze použít i textový editor. Pro efektivní tvorbu programu je třeba znalost jednotlivých příkazů a funkcí. Používá se ve velkosériové výrobě pro co největší zefektivnění výroby (zkrácení délky dráhy) [13, 14].

Struktura NC programu

NC program je složen z jednotlivých bloků. Každý blok zajišťuje jeden krok v daném pracovním postupu. Bloky nesou geometrické, technologické, přípravné a pomocné informace pro ŘS, který tyto příkazy vykoná [13].

Příklad:	Adresové znaky	Význam
	G	G-funkce (podmínka dráhy)
	X	Informace o dráze pro osu X
	S	Otáčky vřetena



Obr. 3 Struktura a obsah NC programu [13].

Označení adresy určuje funkci pro ŘS, který tento příkaz vykoná. Pro co nejvyšší přehlednost bloků jsou příkazy uspořádány dle standardní posloupnosti. N... G... X... Y... Z... F... S... T... D... M... H... [13, 14].

Tab. 1 Značení adres a jejich význam [13].

Adresa	Význam
N	Adresa čísla bloku
G	Podmínka dráhy
X,Y,Z	Informace o dráze
F	Posuv
S	Otáčky
T	Nástroj
D	Číslo korekčních parametrů nástroje
M	Doplňková funkce
H	Pomocná funkce

K většině adres se udává jen jedna číselná hodnota, která blíže určuje její funkci (např. velikost otáček, velikost posuvu nástroje). Jsou i příkazy, (např. G a M) pro které má každá specifická hodnota určitou funkci. Kompletní seznam je velmi rozsáhlý, vybral jsem pouze některé důležité příkazy [13, 14].

Tab. 2 Vybrané G příkazy [13].

G – funkce	Význam
G00	Rychlé polohování
G01	Lineární interpolace
G02	Kruhová interpolace ve směru hod. ručiček
G03	Kruhová interpolace proti směru hod. ručiček
G04	Časová prodleva
G17	Volba pracovní roviny X-Y
G18	Volba pracovní roviny X-Z
G19	Volba pracovní roviny Y-Z
G40	Zrušení korekce nástroje
G41	Zapnutí korekce poloměru nástroje ve směru obrábění
G42	Zapnutí korekce poloměru nástroje vpravo od kontury
G54-G59	Nastavení nulového bodu
G70	Odměřování dráhy nástroje v palcích
G71	Odměřování dráhy nástroje v milimetrech
G90	Absolutní programování
G91	Inkrementální (přírůstkové) programování
G94	Posuv v jednotkách mm/min
G95	Posuv v jednotkách mm/ot.
G96	Konstantní řezná rychlost
G97	Vypnout konstantní řeznou rychlost

Tab. 3 Vybrané M příkazy [13].

M-funkce	Význam
M0	Programovatelné zastavení
M1	Volitelné zastavení
M2	Konec hlavního programu s návratem na začátek programu
M3	Vřetenno se otáčí doprava
M4	Vřetenno se otáčí doleva
M5	Zastavení vřetenno
M6	Výměna nástroje (standardní nastavení)
M8	Zapnutí čerpadla chlazení
M9	Vypnutí čerpadla chlazení
M17	Konec podprogramu
M19	Polohování vřetenno
M30	Konec programu (stejně jako M2)

Programový kód	Komentář
N10 MSG("TO JE MUJ NC-PROGRAM")	; Hlášení "TO JE MUJ NC-PROGRAM" se vypíše na řádku alarmů
N20 F200 S900 T1 D2 M3	; Posuv, vřetenno, nástroj, korekce nástroje, vřetenno se otáčí vpravo
N30 G0 X100 Y100	; Najíždění na pozici rychlým posuvem
N40 G1 X150	; Obdélník pracovním posuvem, přímka ve směru X
N50 Y120	; Přímka ve směru Y
N60 X100	; Přímka ve směru X
N70 Y100	; Přímka ve směru Y
N80 G0 X0 Y0	; Návrat rychlým posuvem
N100 M30	; Koncový blok

Obr. 4 Příklad CNC programu [13].

2.2 Programování pomocí cyklů

U tohoto programování je využíván formát G-kódu, většinou jsou cykly součástí programu s G-kódem. Cykly jsou používány za účelem zjednodušení a zrychlení tvorby programu. U ŘS systému Sinumerik 840D je k dispozici celá škála cyklů, výběr těch nejpoužívanějších je uveden v tabulce.

Nejdříve jsou definovány základní parametry obrábění (nulový bod, pracovní rovina, způsob programování atd.). Dále programátor vytvoří podprogram, kde definuje konturu prvku. Poté je volán cyklus za pomoci ovládacího panelu. ŘS zobrazí dialogové okno s tabulkou pro zadání potřebných parametrů k uskutečnění dané operace. Je k dispozici i grafická zobrazení pro lepší pochopení zadávaných parametrů [16].

Tab. 4 Často využívané obráběcí cykly u ŘS Sinumerik 840D [16].

Označení cyklu	Význam
CYCLE81	Vrtání, navrtávání středících důlků
CYCLE82	Vrtání, zahlubování
CYCLE83	Vrtání hlubokých děr
CYCLE84	Řezání závitů pomocí závitníku
HOLES1	Vrtání děr v řadě
SLOT1	Frézování drážek orientovaných na normále kružnice
SLOT2	Frézování drážek po obvodu kružnice
POCKET1	Frézování obdélníkové kapsy
POCKET2	Frézování kruhové kapsy
CYCLE90	Frézování závitu
CYCLE71	Frézování čela
CYCLE72	Frézování kontury
CYCLE93	Soustružení drážky
CYCLE94	Soustružení zápichu (tvar E a F dle DIN)
CYCLE95	Soustružením dle zadané kontury
CYCLE96	Soustružení zápichu u závitu
CYCLE97	Řezání závitu

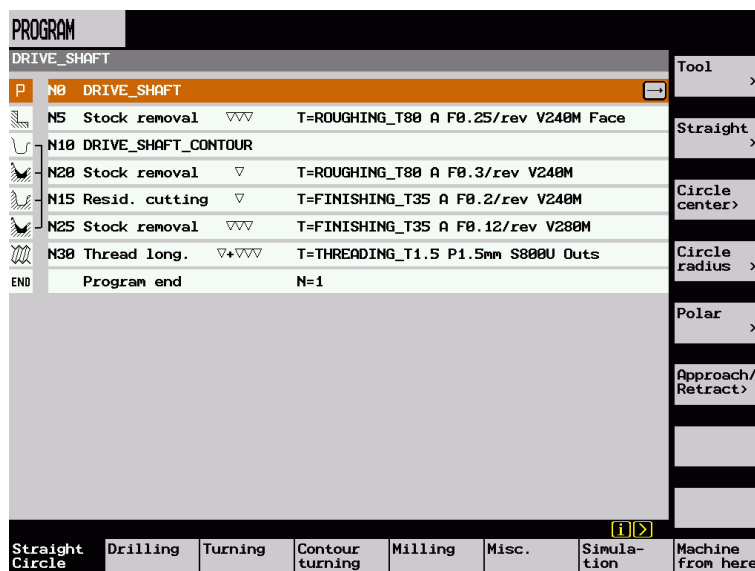
2.3 Parametrické programování

Tento způsob programování opět souvisí s ISO programováním. Zde na rozdíl od ISO nejsou jednotlivé informace uváděny pomocí číselných hodnot, ale pomocí proměnných parametrů, které jsou zapisovány přímo do programu nebo do speciální tabulky. Pro vymezení hodnoty parametru můžeme použít přímo číselnou hodnotu nebo aritmetickou funkci. Parametrické programování se využívá pro určení tvarově složitých součástí, kde by vytvoření programu v G-kódu bylo velmi složité. K dalším výhodám patří, že program zapsaný pomocí parametrů lze využít k výrobě součástí stejných tvarů ale různých rozměrů. Díky parametrickému programování se po změně některého z parametrů automaticky přepočítávají všechny související hodnoty, to umožňuje rychlejší úpravu a optimalizaci nejen řezných podmínek, ale i celého obráběcího procesu [17].

2.4 Dílensky orientované programování

U dílensky orientovaného programování není třeba znát význam jednotlivých funkcí z ISO programování. Je třeba pouze znalost obráběcí technologie. Dílensky orientované programování umožňuje snadnější a rychlejší vytváření programů, nepotřebuje tak odbornou obsluhu, jako je tomu u psaní programu pomocí G-kódu. Programování probíhá postupným vyplňováním dialogových oken. Data jsou zapisována tak, že programátor má dobrý přehled o zvolených nástrojích a technologiích obrábění.

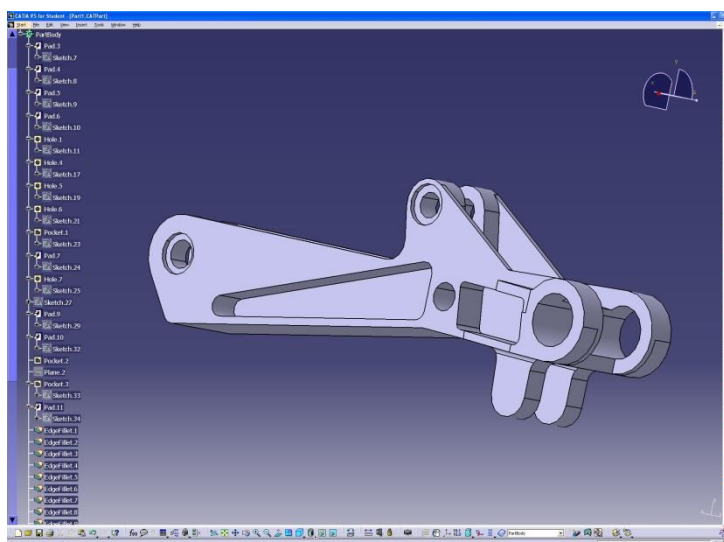
ŘS Sinumerik 840D obsahuje dílensky orientované programování jako nastavbový modul k základním zástupcům těchto nástaveb je prostředí ShopTurn určené pro soustružení a prostředí ShopMill určené pro frézování.



Obr. 5 Příklad programu v systému ShopTurn [18].

2.5 CAD/CAM software

Tento moderní způsob programování se používá pro tvarově velmi složité součásti, které by bylo obtížné programovat ostatními způsoby. Programování je založeno na tvorbě 3D modelu vytvořeném CAD systémem (Autodesk Inventor, Catia, Solid works, Pro/E ...). Model je zpracován v CAM systému (Catia, SurfCAM, MasterCAM, PowerMill, ...). Je určen vhodný postup obrábění a dráhy nástrojů. Výstupem jsou CL data, která se pomocí postprocesoru převádí na NC program [19, 20, 21].



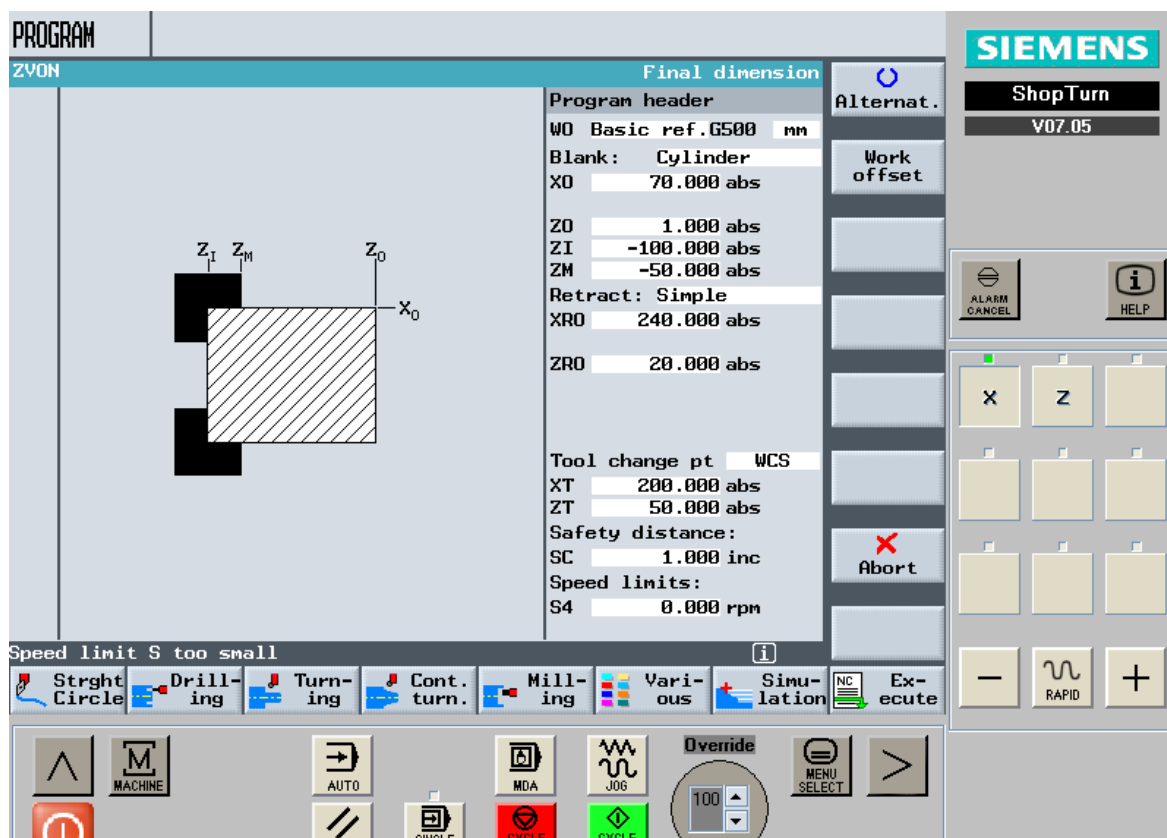
Obr. 6 Příklad součásti v systému Catia [21].

3 SYSTÉM SINUMERIK 840D – SHOPTURN

Diplomová práce se zabývá programováním v systému Sinumerik 840D – ShopTurn, který patří mezi dílensky orientované ŘS, zabývá se soustružením. Jedná se o softwarovou nadstavbu, která se nevyskytuje ve všech produktech od společnosti Sinumerik. Ke konkurenčním dílensky orientovaným systémům se řadí například systém ManualGuide od společnosti Fanuc určen pro řídicí systémy 30i/31i/32i. K dalším konkurentům patří software SmartNC od společnosti Heidenhain, který se nalézá u verze iTNC 530. Ten je určen v první řadě pro frézování [8, 11, 12].

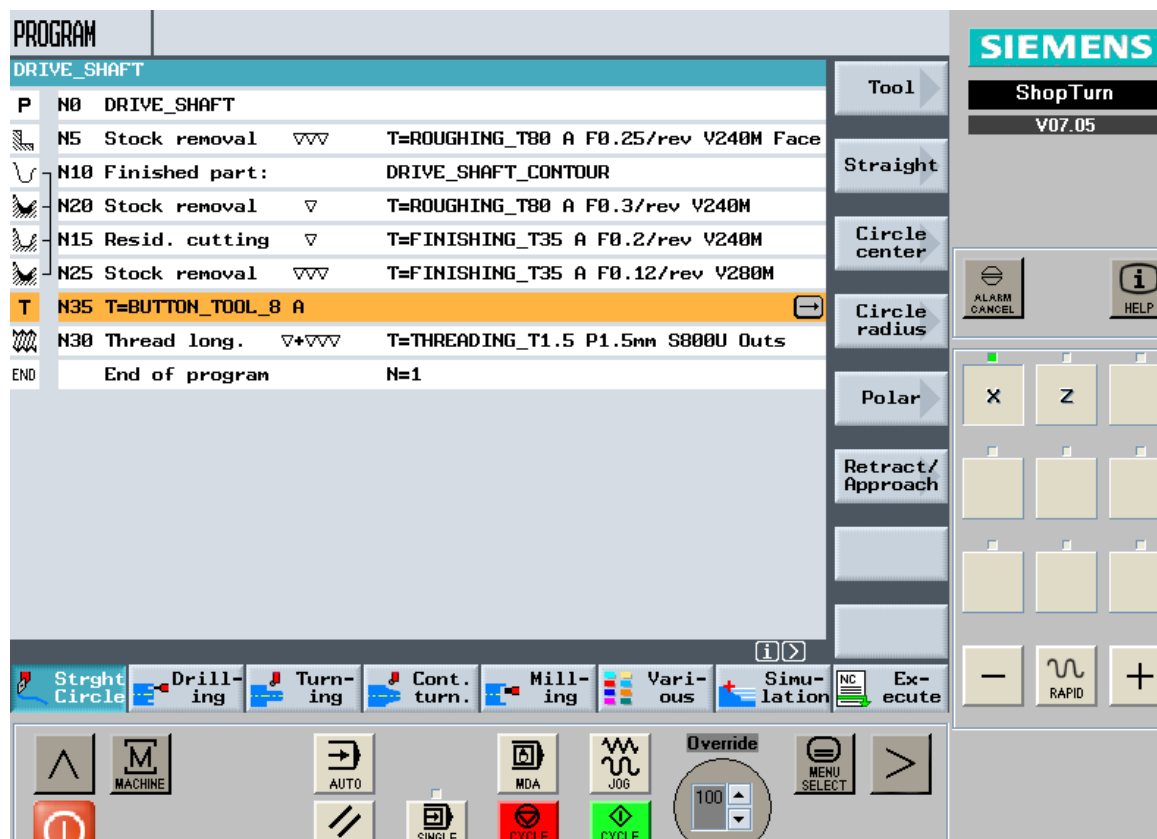
3.1 Orientace v prostředí ShopTurn

Prostředí ShopTurn vychází ze základního prostředí programu Sinumerik 840D. Programování probíhá pomocí zadávání jednotlivých souřadnic do dialogových oken a postupným tvořením kontury obrobku. Nejdříve se nadefinují parametry jednotlivých nástrojů. Pokračuje se definováním tvar a rozměrů polotovaru, jeho nulového bodu, nájezdových rovin, bezpečnou vzdálenost nástroje a limitních otáček stroje.



Obr. 7 Nastavení tvaru polotovaru.

Když jsou určeny vstupní parametry, může se začít samotný výrobní postup. Vybere se požadovaná technologie. V následujícím dialogovém okně definujeme typ obrábění (hrubování, finišování), nástroj, řezné podmínky a polohu nástroje. U dílensky orientovaného programování jsou často využívány obráběcí cykly podle vytvořené kontury. Kontura se vytváří přímo v programu či je možné převést konturu z CAD softwaru. Je možnost využít i programování v G-kódu (včetně parametrického programování).



Obr. 8 Ukázka programu v systému Sinumerik ShopTurn.

3.2 Geometrické základy

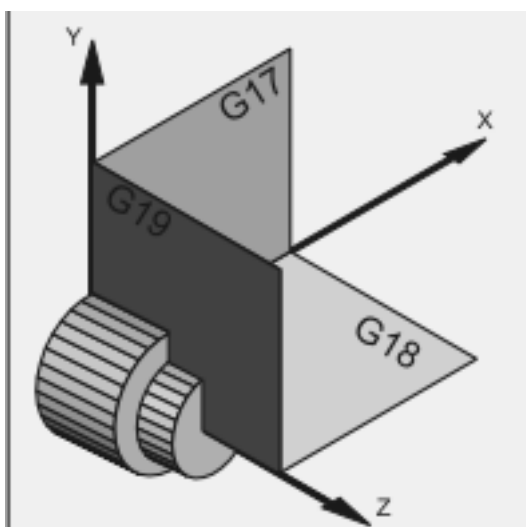
3.2.1 Osy a roviny

Při soustružení se otáčí obrobek, při frézování nástroj.

Rovina G17 – pro soustružení

Rovina G18 – pro frézovací a vrtací operaci na čelní ploše

Rovina G19 – pro frézovací a vrtací operace na ploše pláště [22]



Obr. 9 Osy a roviny [15].

3.2.2 Body v pracovním prostoru



Počátek souřadného systému stroje M

- Definován výrobcem, nelze změnit, vztahuje se k němu souřadný systém stroje.



Počátek souřadné sestavy obrobku W

- Je k němu vztažen program, poloha může být libovolná.



Referenční bod R

- Slouží pro vynulování měřicího systému, řídicí systém podle něj nachází počáteční bod pro měření dráhy.



Vztažný bod držáku nástroje T

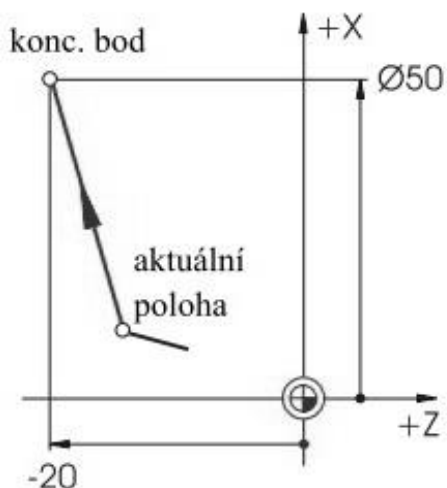
- Používá se ke seřizování s držáky soustružnických nožů pro stopkové nástroje nebo k seřizování strojů s revolverovými zásobníky [22].

3.2.3 Zadávání rozměrů

Rozměry můžeme zadávat několika způsoby absolutně, inkrementálně nebo pomocí polárních souřadnic. Tyto způsoby lze mezi sebou také kombinovat.

Absolutní

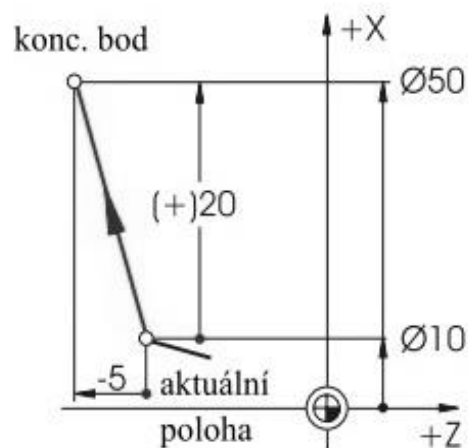
Zadávají se hodnoty absolutních souřadnic pro koncový bod (funkce G90).



Obr. 10 Absolutní zadávání rozměrů [22].

Inkrementální

Zadávání rozdílu mezi aktuální polohou a koncovým bodem (funkce G91).



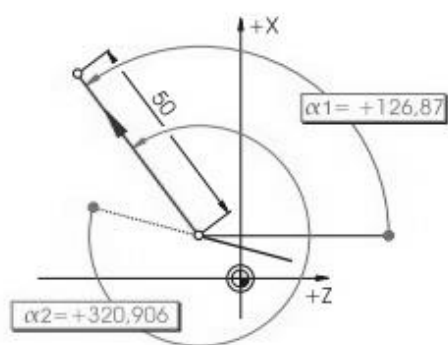
Obr. 11 Inkrementální zadávání rozměrů [22].

Polární

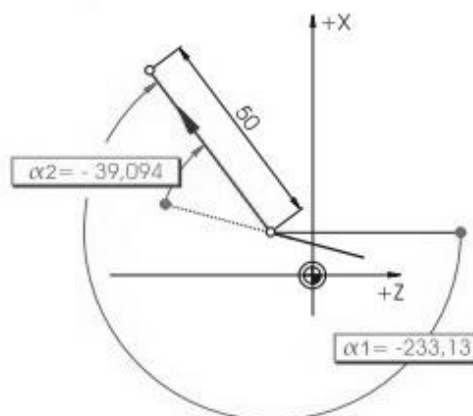
Zadávání délky a úhlu (α_1 - úhel vůči kladnému směru osy Z; α_2 - úhel vůči předcházejícímu prvku). [22]

Zadané úhly mohou být...

kladné a/nebo ...



... záporné.



Obr. 12 Polární zadávání rozměrů [22].

3.3 Technologické základy

Řezná rychlost a otáčky

Jedna ze základních řezných podmínek, které jsou zapisovány do programu, je řezná rychlost. Pro dodržení konstantní řezné rychlosti při soustružení používáme příkaz G96. Určuje se také limitní otáčky, aby nedošlo k ohrožení kvůli vysokým odstředivým silám např. $n = 2500 \text{ ot.min}^{-1}$. Blokové schéma by se zapsalo G96 S180 LIMS = 3000. Pro vrtání používáme příkaz G97, který zajišťuje konstantní otáčky. Řezné podmínky stanovíme dle následujícího vztahu [22, 23].

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m.s}^{-1}\text{]} \quad (1)$$

Kde: $v_c \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$ - řezná rychlost,
 $D \text{ [mm]}$ - průměr obrobku při soustružení, průměr nástroje při frézování,
 $n \text{ [ot.min}^{-1}\text{]}$ - otáčky.

Posuv

Posuv obdobně jako řeznou rychlost určujeme z tabulek. Vybíráme většinou střední hodnotu posuvu. Pokud je konstantní posuv je možné vypočítat posuvovou rychlost v_f .

$$v_f = f \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

Kde: $v_f \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ - rychlost posuvu,
 $f \text{ [mm]}$ - strojní posuv,
 $n \text{ [-]}$ - otáčky.

3.4 Správa nástrojů

V systému ShopTurn je možné nástroje upravovat ve třech seznamech.

Seznam nástrojů

Seznam nástrojů slouží pro základní nastavení používaných nástrojů. Nastavuje se zde typ nástroje, základní rozměry nástroje, radius popřípadě průměr nástroje, směr břitu nástroje, úhel destičky případně počet zubů u frézovacích nástrojů, úhel držáku, směr otáčení vřetena a přívod chladicí kapaliny [22].



Obr. 13 Příklad seznamu nástrojů.

Seznam opotřebení nástrojů – korekce

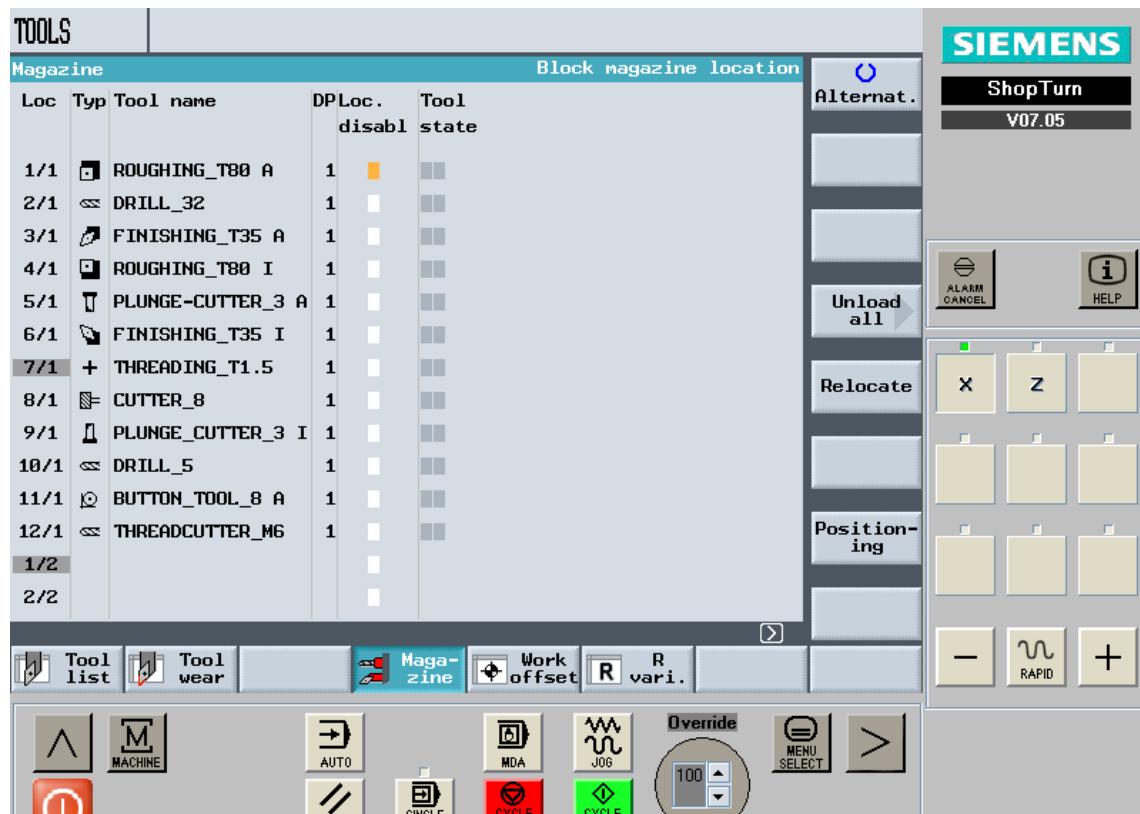
Upravuje se zde opotřebení nástroje, popřípadě se zadává délka životnosti nástrojů.



Obr. 14 Seznam korekcí nástrojů.

Seznam zásobníků

Vypisuje se zde stav jednotlivých nástrojů ze všech zásobníků. Je zde možnost pro jednotlivé nástroje vyhradit místo popřípadě místo pro ně zablokovat [22].



Obr. 15 Seznam zásobníků.

4 NÁVRH A ZPRACOVÁNÍ TECHNICKÉ DOKUMENTACE SOUČÁSTI – LOUSKÁČEK NA OŘECHY

Při návrhu součásti bylo vycházeno z omezených možností laboratoře ÚST, pokud by bylo možné lepší řešení, tak to u daného problému bude popsáno. Inspirace pro návrh součásti k této diplomové práci byla čerpána z ukázkových prací na stránkách společnosti Siemens.

4.1 Navrhovaná součást – Louskáček na ořechy



Obr. 16 Louskáček na ořechy.

4.2 CNC soustruh SP 280SY

Výroba součásti louskáček na ořechy je orientována pro požadavky soustruhu SP 280SY (společnosti Kovosvit MAS a.s.), jenž se nachází ve školní laboratoři. Soustružnické centrum pracuje právě pod systémem Sinumerik 840D. Je jednou z pěti možných technologických variant.



Obr. 17 Soustružnické centrum SPY 280.

Soustružnické centrum SP 280SY disponuje vysokou tuhostí a dostatečným výkonem. Je vhodné pro obrábění jednoduchých i složitějších součástek o vysoké přesnosti. Je vhodný jak pro malosériovou tak i pro velkosériovou výrobu. Kompletní opracování součásti zajišťuje levý a pravý vřeteník a nástrojová hlava, která je schopna obrábět pevnými i rotačními nástroji. Je zde také polohování pomocí rotační osy C. Upnutí nástrojů zajišťuje revolverová hlava pro dvanáct nástrojů prostřednictvím držáků dle DIN 69880. Virtuální pohyb osy Y je složen interpolací reálných os X a Y' svírající úhel 30° [24, 25].

Minimální průměr, který je možné v podmínkách laboratoře FSI upnout v hlavním vřetenu, je 32mm z tohoto důvodu bude muset výroba součástí o menším poloměru probíhat na vedlejším vřetenu s použitím levého nože.

Tab. 5 Technické parametry stroje SP280SY [24, 25].

Pracovní rozsah		
Geometrická a pracovní přesnost	ISO 13041	
Oběžný průměr nad ložem	570	mm
Maximální průměr soustružení	280	mm
Maximální délka soustružení	450	mm
Hlavní pohon – hlavní elektrovřeteno		
Přední konec vřetena (DIN 55026)	A6	
Výkon motoru S1/S6-40%	21/27	kW
Max. M_k na vřetenu S1/S6-40%	200/257	Nm
Max. otáčky vřetena	4700	min^{-1}
Max. průchod tyče	61	mm
Vedlejší pohon - protivřeteno		
Přední konec vřetena (DIN 55026)	A5	
Výkon motoru S1/S6-40%	7,5/9	Nm
Max. M_k na vřetenu S1/S6-40%	48/57	min^{-1}
Max. otáčky vřetena	6000	mm
Náhon osy C		
Max. M_k na vřetenu S1/S6-40%	200/257	Nm
Max. otáčky vřetena	100	min^{-1}
Minimální programovatelný inkrement	0,001	°
Nástrojová hlava		
Počet poloh	12	
Průměr upínacího čepu držáku nástrojů	40	mm
Rozměr nože	25 x25	mm
Max. otáčky nástrojového vřetena	4000	min^{-1}
M_k / výkon S3-40%	40/8	Nm/kW
Rozměry stroje délka x šířka x výška	3975x2122x2345	mm
Hmotnost stroje	7900	kg

4.3 Volba materiálu

Materiál byl zvolen dle požadavků na vysokou kvalitu a výdrž obrobku, také dle toho, že bude použitý v potravinářství. Korozivzdorná ocel byla domluvena s vedoucím práce.

Zvolený materiál:

Korozivzdorná ocel 1.4301

Chrom niklová austenitická nestabilizovaná ocel, nově značená dle ČSN 10088-1 1.4301 (X5CrNi 18-10); staré označení AISI 304 (USA), ČSN 17240 (ČR), AKV 7.

Legování

Cr 17 - 19,5 %, Ni 8 - 10,5, C < 0,07 %

Mechanické vlastnosti

Pevnost v tahu:	$R_m = 520 - 720 \text{ Mpa}$
Mez kluzu:	$R_{p0,2} = 210 \text{ Mpa}$
Tažnost:	$A_{80\text{mm}} = \text{min. } 45 \%$
Žíhací teplota:	$1000 - 1100 \text{ }^\circ\text{C}$
Tvrдость:	160-210 HB

Ocel je nemagnetická a nekalitelná. Při tažení nebo při třískovém obrábění s nevhodnými řeznými podmínkami dochází ke zpevňování za studena. Během zpevňování probíhá přetvoření austenitu na deformační martenzit, který zvýší pevnost, sníží tažnost – což ve výsledku způsobuje větší opotřebení nástrojů. Deformační martenzit může být odstraněn žíháním. Změny struktury neovlivňují korozní odolnost materiálu a svařitelnost. Ocel je v běžném prostředí (voda, slabé alkálie, slabé kyseliny) korozivzdorná. Obrobitelnost třískovým obráběním je dobrá. Vhodná pro běžné produkty k širokému spektru použití (gastronomická zařízení, vnější konstrukce, externí architektura, vodárny, čističky odpadních vod, masný, mlékárenský, pivovarnický průmysl, ve zdravotnictví atd.) mimo svařovaných konstrukcí s provařením přes 5 mm průvaru [26, 27].

4.4 Technologické výpočty

Návrh šroubového spojení

Pro návrh pohybového šroubu se nejčastěji používá lichoběžníkový závit. V laboratoři ÚST jsou však k dispozici pouze VBD pro metrické závity, se stoupáním vnitřního závitu 1,5 mm a 2 mm. Díra pro závitový nůž, který je k dispozici, je vhodná pro průměry od 16,5 mm. Šroubové spojení bylo navrženo s ohledem na požadovanou nižší samosvornost pro pohybové spojení, ale zároveň dostatečně velký přenos síly.

Z těchto důvodů byl vybrán dvouchodý závit M20x4(2). Závit by bylo možné také vytvořit závitníkem. Pokud by byly k dispozici vhodné nástroje, volil bych lichoběžníkový závit Tr 16x4.

V tabulce číslo 6 jsou uvedeny výsledky výpočtů pro jednotlivé průměry a velikosti stoupání. Možnosti, které je možné vyrobit s momentálním vybavením ÚST laboratoře, jsou zvýrazněny červeně.

Samosvornost šroubu

Samosvornost je důsledek tření ve stykové ploše součástí. Závisí na součiniteli tření a na směru a působišti zatěžujících sil. Záleží také na míře deformace závitu (nepřesností výroby). Samosvornost tedy závisí na velikosti třecího úhlu φ a úhlu stoupání λ [27].

1. $\lambda > \varphi$ - nesamosvorné (osovou silou se matice sama uvede do pohybu)
2. $\lambda = \varphi$ - mez samosvornosti
3. $\lambda < \varphi$ – samosvorné (tření brání samovolnému uvolnění)

Třecí úhel

$$\mu = 0,1$$

$$\varphi = \arctan(\mu) \quad [^\circ] \quad (3)$$

$$\varphi = \arctan(0,1) \quad [^\circ]$$

$$\varphi = 5,71^\circ$$

Kde: $\varphi [^\circ]$ - třecí úhel,
 $\mu [-]$ - součinitel tření (ocel na oceli).

Úhel stoupání

$$s = 4 \text{ mm}; d_m = 20 \text{ mm}$$

$$\lambda = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{s}{\pi \cdot d_m} \right) \quad [^\circ] \quad (4)$$

$$\lambda = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{4}{20 \cdot \pi} \right) \quad [^\circ]$$

$$\lambda = 3,652^\circ$$

Kde: $s [\text{mm}]$ - stoupání,
 $d_m [\text{mm}]$ - průměr závitu,
 $\lambda [^\circ]$ - úhel stoupání.

Tab. 6 Součinitelé tření pro styk různých materiálů [29].

Materiály	Statický	Dynamický
Dřevo na dřevě (průměrně)	0,65	0,3
Dřevo na ledu (sněhu)		0,035
Kožený řemen na dřevě	0,47	0,27
Kožený řemen na litině	0,56	0,28
Kůže na kovu	0,6	0,25
Ocel na bronz (mazáno)	0,1	0,01
Ocel na bronz (suchá)	0,18	0,16
Ocel na dřevě	0,55	0,35
Ocel na ledu		0,027
Ocel na oceli (suchá)	0,15	0,1
Př. (pneumatika) na náledí	0,1 - 0,2	
Př. na betonu	0,7 - 0,8	
Př. na dlažbě (malé kostky)	0,6 - 0,7	
Př. na dlažbě (velké kostky)	0,6	
Př. na mokřem asfaltu	0,2 - 0,5	
Př. na suchém asfaltu	0,55	

Tab. 7 Vypočtené úhly stoupání pro jednotlivé typy metrických závitů.

Značení závitu	Průměr závitu	Rozteč závitu	min. průměr otvoru	max. průměr otvoru	doporučený průměr vrtáku	úhel stoupání pro jednochodý	úhel stoupání pro dvouchodý
M16	16	1	14,917	15,153	15	1,140	2,281
M16	16	1,5	14,376	14,676	14,5	1,710	3,424
M16	16	2	13,835	14,21	14	2,281	4,569
M17	17	1	15,917	16,153	16	1,073	2,147
M17	17	1,5	15,376	15,676	15,5	1,610	3,222
M18	18	1	16,917	17,153	17	1,013	2,027
M18	18	1,5	16,376	16,676	16,5	1,520	3,042
M18	18	2	15,835	16,21	16	2,027	4,060
M18	18	2,5	15,294	15,744	15,5	2,535	5,079
M20	20	1	18,917	19,153	19	0,912	1,824
M20	20	1,5	18,376	18,676	18,5	1,368	2,738
M20	20	2	17,835	18,21	18	1,824	3,652
M20	20	2,5	17,294	17,744	17,5	2,281	4,569

Účinnost přenosu energie

Účinnost přenosu energie je dána poměrem práce vynaložené k jednomu otočení k práci potřebné k zvednutí tíhy během jednoho otočení. Jelikož síla není kolmá k profilu závitu, musíme počítat s úhlem α pod kterým je skloněná k profilu závitu [28].

$$\eta = \left(\frac{\cos \alpha - \mu \tan \lambda}{\cos \alpha + \mu \cot \lambda} \right) 100 [\%] \quad (5)$$

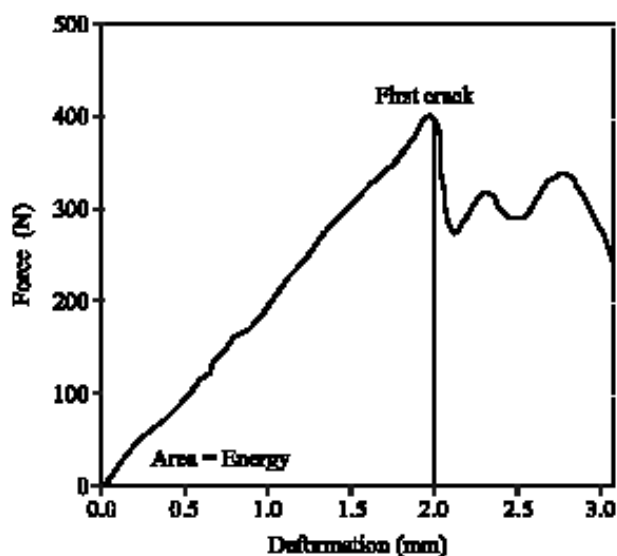
$$\eta = \left(\frac{\cos 30 - 0,1 \tan 3,65}{\cos 30 + 0,1 \cot 3,65} \right) 100 [\%]$$

$$\eta = 35,3 \%$$

Kde:	η [%]	-	účinnost přenosu energie,
	α [°]	-	úhel sklonu síly k profilu závitu,
	μ [-]	-	součinitel tření (ocel na oceli),
	λ [°]	-	úhel stoupání,
	φ [°]	-	třecí úhel.

Potřebná síla k rozlousknutí ořechu

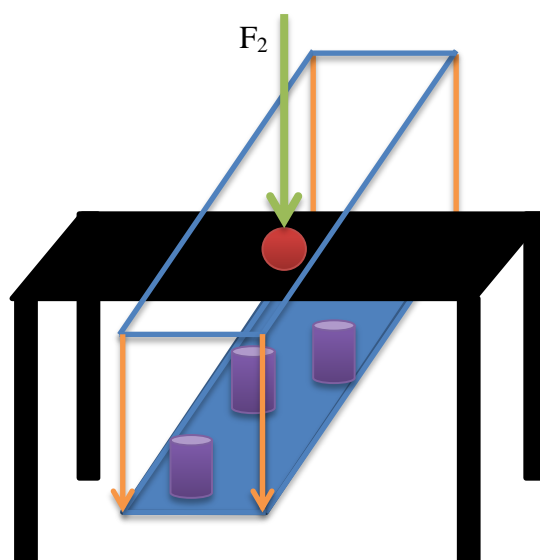
Podle článku Cracking Characteristics of Walnut (od autorů M. A. Koyuncu, K. Ekinci, a E. Savran) je třeba pro rozlousknutí vlašského ořechu průměrně síla asi 325N v podélném směru 532N na šířku a 377N v místě spojení 2 polovin skořápky. [30, 31]



Obr. 18 Typická síla-deformace pro stlačený ořech [31].

Pro orientační ověření potřebné síly jsem umístil ořech mezi dvě ocelové podložky a postupným přidáváním závaží (dle znázorněného schématu) jsem zjistil hodnoty o něco menší, než uvádí zmíněná literatura. Nepřesnost mého měření byla ovlivněna způsobem měření a pravděpodobně konkrétním typem ořechů.

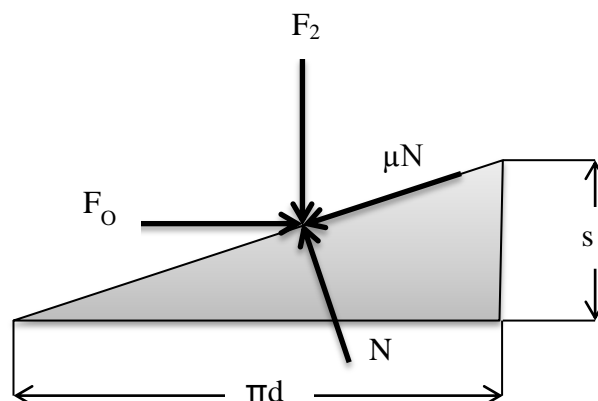
Průměrná potřebná síla k rozlousknutí vlašského ořechu byla 227,5 N.



Obr. 19 Schéma zjištění potřebné síly k rozlousknutí ořechu.

Tab. 8 Naměřené hodnoty síly potřebné k rozlousknutí vlašského ořechu.

číslo měření	potřebná síla [N]	číslo měření	potřebná síla [N]
1	220	11	250
2	210	12	230
3	240	13	230
4	230	14	220
5	250	15	210
6	250	16	200
7	230	17	230
8	220	18	220
9	260	19	200
10	210	20	240



Obr. 20 Silové poměry na šroubu.

Zjištění krouticího momentu potřebného pro rozdrčení ořechu.

$$\sum F_x = F_O - N \cdot \sin \lambda - \mu \cdot N \cdot \cos \lambda = 0 \quad (6)$$

$$\sum F_y = F_2 + \mu \cdot N \cdot \sin \lambda - N \cdot \cos \lambda = 0 \quad (7)$$

$$F_O = \frac{F_2 (s + \pi \cdot \mu \cdot d_m)}{\pi \cdot d_m + \mu \cdot s} [N] \quad (8)$$

$$M_k = \frac{d_m \cdot F_2}{2} \left(\frac{s + \pi \cdot \mu \cdot d_m}{\pi \cdot d_m + \mu \cdot s} \right) [N \cdot mm] \quad (9)$$

Kde: s [mm] - stoupání,
 μ [-] - součinitel tření (ocel na oceli),
 F_2 [N] - síla působící na ořech,
 d_m [mm] - průměr závitu,
 λ [°] - úhel stoupání,
 M_k [N.mm] - krouticí moment.

Pro výpočet se bude počítat s velmi tvrdým ořechem, kde bude potřeba síla 600N pro jeho rozlousknutí.

$d_m = 20$ mm; $s = 4$ mm; $\mu = 0,1$; $F_2 = 600$ N

$$M_k = \frac{d_m \cdot F_2}{2} \left(\frac{s + d_m \cdot \mu \cdot \pi}{d_m \cdot \pi + \mu \cdot s} \right) [N \cdot mm]$$

$$M_k = \frac{20.600}{2} \left(\frac{4 + 20.0,1 \cdot \pi}{20 \cdot \pi + 0,1.4} \right) [N \cdot mm]$$

$$M_k = 988,26 \text{ N} \cdot mm$$

Dále je třeba vypočítat potřebnou sílu (F_1) pro rozlousknutí ořechu. Síla bude působit na rameni délky r .

Dle výsledků byla zpětně zvolena délka ramene $l_r = 55 \text{ mm}$, a vypočtený krouticí moment $M_k = 988,26 \text{ N} \cdot mm$.

$$F_1 = \frac{M_k}{l_r} [^\circ] \quad (10)$$

$$F_1 = \frac{988,26}{55} [N]$$

$$F_1 = 17,97 \text{ N}$$

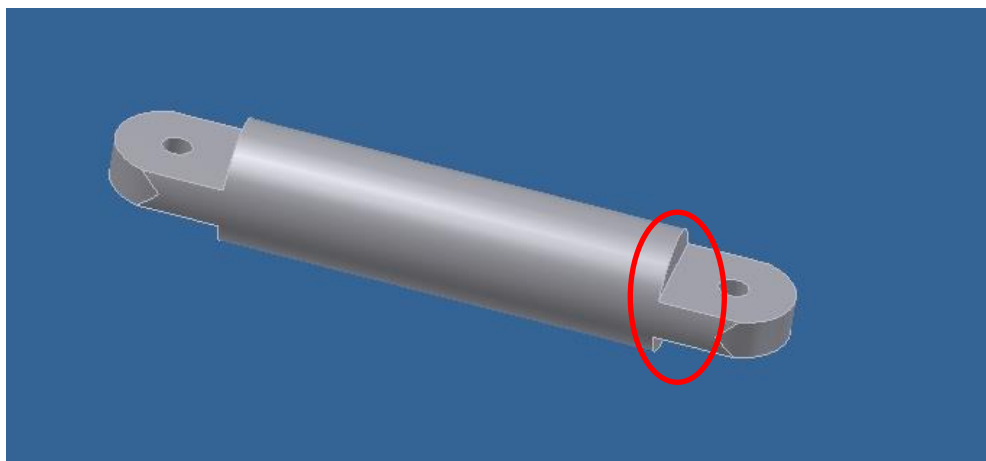
Kde: $M_k [N \cdot mm]$ - krouticí moment,
 $l_r [mm]$ - délka ramene,
 $F_1 [N]$ - síla, kterou musíme působit na délce ramene l_r .

Pro rozlousknutí vlašského ořechu je tedy potřeba vynaložit síla asi **18 N**. Pokud bychom počítali s ořechem průměrné tvrdosti, který praskne při 350 N, potřebná síla by byla asi 10,5 N.

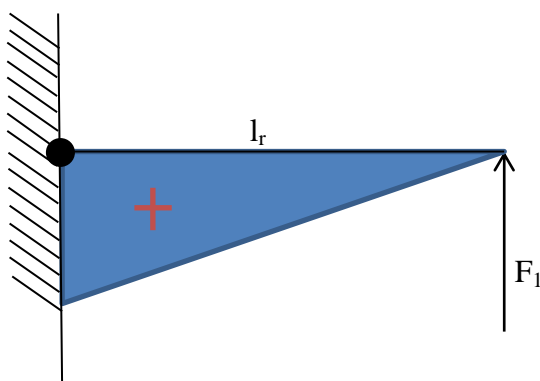
4.5 Pevnostní výpočty

Namáhání součásti rameno v ohybu

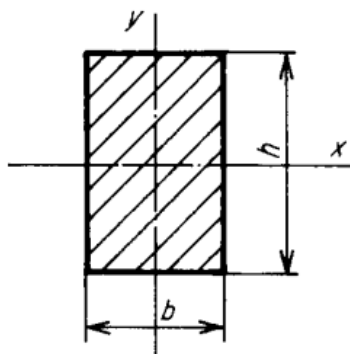
Nejkritičtější místo je v místě zúžení u součásti rameno, kde hrozí plastifikace materiálu a následné ohnutí. Pro výpočet je použit zjednodušený obdélníkový průřez.



Obr. 21 Kritické místo pro namáhání v ohybu.



Obr. 22 Působení ohybové síly.



Obr. 23 Průřez kritické části [32].

Výpočet modulu průřezu v ohybu

$b = 4 \text{ mm}$; $h = 12 \text{ mm}$

$$W_{oy} = \frac{h \cdot b^2}{6} [\text{mm}^3] \quad (11)$$

$$W_{oy} = \frac{12 \cdot 4^2}{6} [\text{mm}^3]$$

$$W_{oy} = 32 \text{ mm}^3$$

Kde: b [mm] - šířka průřezu,
 h [mm] - výška průřezu,
 W_{ox} [mm³] - modul průřezu v ohybu.

Výpočet napětí v ohybu

$M_k = M_o = 988,26 \text{ N.mm}$; $W_{oy} = 32 \text{ mm}^3$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_{oy}} [\text{MPa}] \quad (12)$$

$$\sigma_o = \frac{988,26}{32} [\text{MPa}]$$

$$\sigma_o = 30,88 \text{ MPa}$$

Kde: σ_o [MPa] - napětí v průřezu,
 W_{ox} [mm³] - modul průřezu v ohybu,
 M_o [mm] - ohybový moment.

Bezpečnost

$R_e = 210 \text{ MPa}$; $\sigma_o = 30,88 \text{ MPa}$

$$K = \frac{R_e}{\sigma_o} [-] \quad (13)$$

$$K = \frac{210}{30,88} [-]$$

$$K = 6,8 [-]$$

Kde: σ_o [Mpa] - napětí v průřezu,
 R_e [MPa] - mez kluzu,
 K [-] - bezpečnost.

Pro zvolené parametry vychází bezpečnost 6,8. Pokud bychom se závitem dojeli na doraz, byla by třeba tedy vyvinout síla asi 122 N, aby došlo k ohybu.

4.6 Nástrojové vybavení, upínací systémy nástrojů

Podrobné specifikace použitých nástrojů obsahuje příloha číslo 1.

Tab. 9 Seznam použitých nástrojů [33, 34, 35, 36].

Typ nástroje	výrobce	Použití technologie
Upínací systémy		
Sauter VDI 40 112 754	Sauter	Nástrojový držák pro vnitřní nože, vrtáky a frézy
Sauter VDI 40 105 812	Sauter	Nástrojový držák pro poháněné frézy a vrtáky
Sauter VDI 40 132 591	Sauter	Manuálně nastavitelná vrtací a frézovací hlava
D1 – 40X25	Vertex	Upínač pro vnější nože
EWS 40.4032CTX	EWS	Nástrojový držák pro poháněné frézy a vrtáky
Frézy		
03E3S40-09A03 SUMA	Pramet	Univerzální fréza – vyfrézování drážky 4mm
18E3S100-38A18 SUMA	Pramet	Univerzální fréza – vyfrézování otvoru pro ořech, vyfrézování ploch pro drážku
Nože		
DWLNL 2525 M08	Pramet	Nůž pro hrubování
DWLNR 2525 M08	Pramet	Nůž pro hrubování
DDJNL 2525 M11	Pramet	Nůž pro dokončování
DDJNR 2525 M11	Pramet	Nůž pro dokončování
A10H SCLCL 06	Pramet	Nůž pro vnitřní obrábění
A10H SCLCR 06	Pramet	Nůž pro vnitřní obrábění
A20R SVJBL 11	Pramet	Nůž pro dokončování vnitřního soustružení
SEL 2525 M16	Pramet	Nůž pro vnější závity
SIL 1416 N16-2	Pramet	Nůž pro vnitřní závity
GFKL 2525 M02	Pramet	Upichovací nůž
GFKR 2525 M02	Pramet	Upichovací nůž
VBD		
WNMG 080412E-RM; 9235	Pramet	VBD pro hrubování
DNMG 110404E-NM; 9235	Pramet	VBD pro dokončování
CCMT 060208E-UR; 9230	Pramet	VBD pro vnitřní obrábění
VCMT 110304E-UM; 8030	Pramet	VBD pro dokončování vnitřního soustružení
TN 16EL 200M; 8030	Pramet	VBD pro vnější závit
TN 16NL 200M; 8030	Pramet	VBD pro vnitřní závit
LCMF 022002-M2; 3025	Pramet	VBD pro upichování
Vrtáky		
303DA-3,0-14-A06-M	Pramet	Vrták pro díry o průměru 3 mm
303DA-16,0-45-A16-M	Pramet	Vrták pro díry o průměru 16 mm

4.7 Výkonová a momentová charakteristika

Ověření zda pro hrubovací operaci je CNC soustruh SP 280SY dostatečně výkonný.

Výpočet řezné síly F_c , kde měrný řezný odpor (měrná řezná síla) k_c je určen podílem řezné síly F_c a jmenovité plochy třísky A_D . Pro korozivzdornou austenitickou ocel $k_c = 2\,450\text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$. Minimální potřebný výkon stroje je počítán pro hrubovací operaci, u které je největší plocha třísky. Pro ověření výpočtu a získání přesnějších dat byla provedena kontrola v online elektronickém katalogu řezných nástrojů od společnosti ISCAR.

Nůž: DWLNR/L 2525 M08; VBD: WNMG 080412E-RM

$v_c = 120\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$; $f_n = 0,4\text{ mm}\cdot\text{ot}$; $a_p = 4\text{ mm}$

Řezná síla:

$$F_c = k_c \cdot A_D = k_c \cdot a_p \cdot f [N] \quad (14)$$

$$F_c = 2450 \cdot 4 \cdot 0,4 [N]$$

$$F_c = 3920\text{ N}$$

Řezný výkon:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} [kW] \quad (15)$$

$$P_c = \frac{3920 \cdot 120}{60 \cdot 1000} [kW]$$

$$P_c = 7,84\text{ kW}$$

Objem odebraného materiálu za minutu:

$$Q = a_p \cdot f \cdot v_c [cm^3 \cdot min^{-1}] \quad (16)$$

$$Q = 4 \cdot 0,4 \cdot 120 [cm^3 \cdot min^{-1}]$$

$$Q = 192\text{ cm}^3 \cdot min^{-1}$$

Kde:	$F_c [N]$	-	řezná síla,
	$k_c [N\cdot\text{mm}^{-2}]$	-	měrný řezný odpor,
	$A_D [mm^2]$	-	jmenovitý průřez třísky,
	$a_p [mm]$	-	hloubka záběru,
	$f [mm]$	-	strojní posuv,
	$v_c [m\cdot s^{-1}]$	-	řezná rychlost,
	$Q [cm^3 \cdot min^{-1}]$	-	objem odebraného materiálu za minutu.

The screenshot shows the 'Selecting the BEST TOOL' interface for turning (Soustružení). The language is set to Czech. The left sidebar lists various machining operations, with 'Soustružení' (Turning) selected. The main area displays input parameters for a four-flute tool (Čtyřboké) and the resulting performance metrics.

Typ destičky: Čtyřboké

Údaje pro Čtyřboké

Materiál obrobku (D):	75	mm
Posuv na otáčku (f):	0.4	mm
Hloubka záběru (ap):	4	mm
<input type="radio"/> Otáčky vřetena (n):	509.3	rpm
<input checked="" type="radio"/> Řezná rychlost (Vc):	120	m/min
Materiál obrobku	AISI 304	
Efektivní úhel čela (γ):	0	stupně
Úhel nastavení (κ):	95	stupně

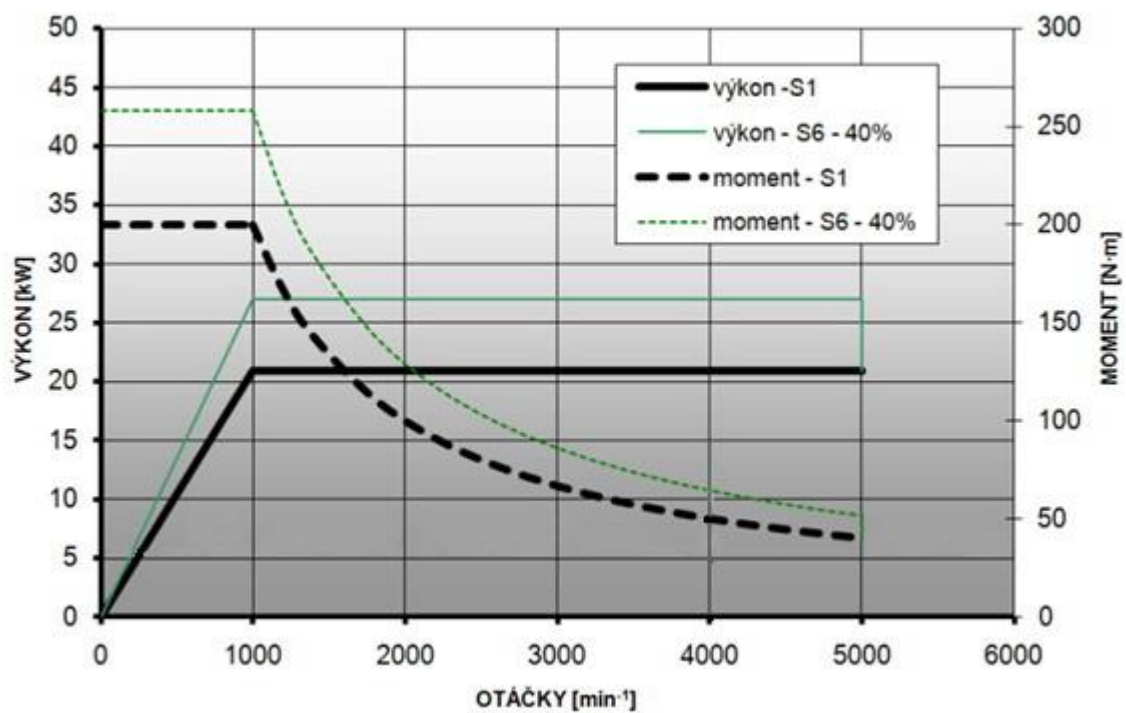
Výsledek

Kc:	2584	N/mm²	368	KPsi
Skutečný požadovaný výkon:	7.83	KW	10.64	HP
Odběr material:	181.76	cm³/min	11.09	in³/min
Tangenciální síly:	4135	N	929.59	lb
Krouticí moment:	146.8	Nm	1299.3	inch*lb

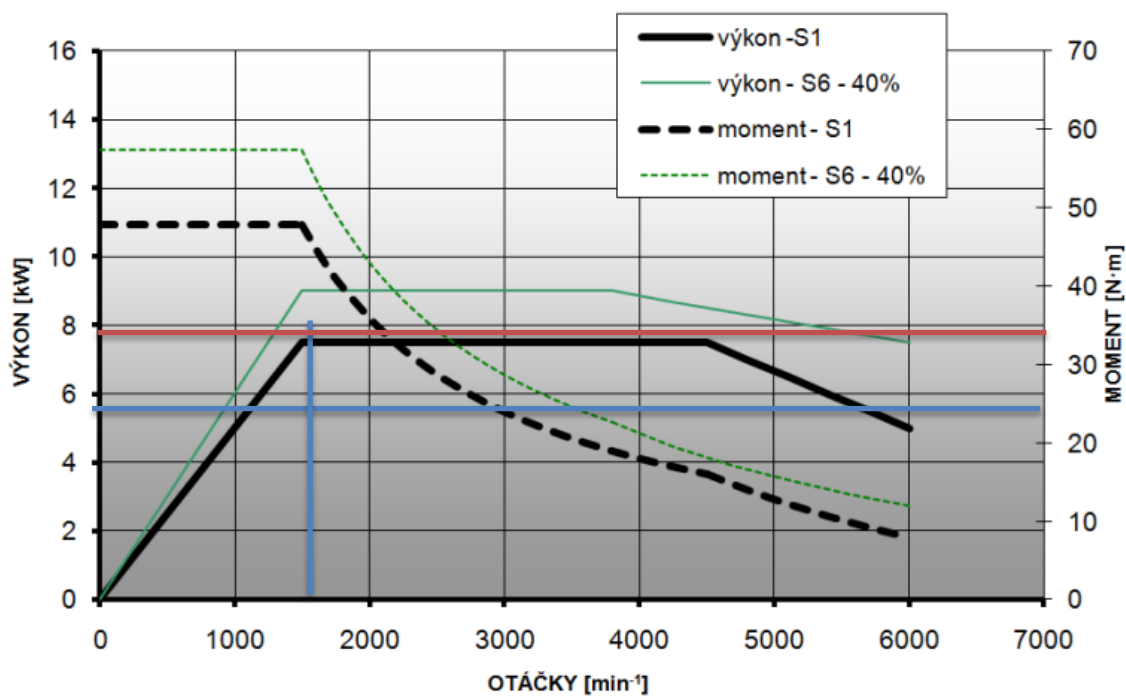
A diagram on the right illustrates the turning process with a tool cutting a cylindrical workpiece, showing dimensions D, ap, and K.

Obr. 24 Ověření výpočtu online [37].

Soustružení se provádí za konstantní řezné rychlosti. Z uvedených charakteristik vyplývá, že u hlavního vřetene je výkon dostatečný. Potřebný výkon je grafem vyznačen červeně. U vedlejšího vřetene při hrubovacím soustružení součásti „Klika“ bude třeba upravit řezné podmínky. Pro upravené hodnoty řezných podmínek ($v_c = 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$; $f_n = 0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$; $a_p = 4 \text{ mm}$) vychází potřebný výkon $5,56 \text{ kW}$ při $1460 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$. Upravené řezné podmínky jsou znázorněny modře.



Obr. 25 Momentová a výkonová charakteristika hlavního vřetene [38].



Obr. 26 Momentová a výkonová charakteristika protivřetene [38].

4.7 Technologický postup

Detailní technologické postupy jednotlivých součástí jsou obsaženy v přílohách. Stejně jako výkresy součástí.

Veškeré **řezné podmínky** byly voleny s ohledem na zvolený materiál (korozivzdorná austenitická ocel – skupina M3), a s ohledem na materiály obráběcích nástrojů, dle údajů z katalogů od společnosti Pramet. V případě hrubování u vedlejšího vřetene byly řezné podmínky upraven tak, aby byl výkon vedlejšího vřetene dostatečný.

Jelikož pro vrtání monolitním vrtákem o průměru 3 mm je dle katalogu potřeba řezná rychlost $v_c = 55 \text{ m.s}^{-1}$, které odpovídají otáčky $n = 5835 \text{ ot.min}^{-1}$ a nástrojové vřeteno je schopno vytvořit pouze 4000 ot.min^{-1} je třeba úprava řezných podmínek. Řezná rychlost se sníží na $v_c = 35 \text{ m.s}^{-1}$, tato rychlost se blíží maximálním možným otáčkám pro poháněné nástroje. Tomu se také přizpůsobí strojní posuv. V případě nedostatečné trvanlivosti při použití upravených řezných podmínek je možné použít vrták typu HSS s příměsí kobaltu, které jsou určeny pro vrtání do korozivzdorných ocelí. Stejný problém se vyskytuje i u obrábění monolitní frézou o průměru 3 mm, kde také volíme menší řeznou rychlost.

Pro spojení součásti bude použito pevné spojení za pomoci kolíků. Kolíky jsou také z austenitické korozivzdorné oceli s označením ISO 2338 3 m6 x 12 – A1. Je použito přechodné spojení H8/m6 s následným lisováním malou silou.

4.7.1 Technologický postup pro součásti Zvon

- Přířez se upne do čelistového sklíčidla vedlejšího vřetene. Vyvrtá se středová díra, vrtákem o průměru 16 mm. Hloubka vrtání je volena s ohledem na hrot vrtáku, nechává se rezerva, aby nedošlo k navrtání výsledného obrobku.
- Poté se provede rozšíření otvoru vnitřním soustružením na průměr 43 mm (Nůž: A10H SCLCR/L 06). Následně se soustruží odlehčení a spodní část obrobku (Nůž: A20R SVJBR/L 11). Pokud by byl k dispozici nůž pro vnitřní soustružení s označením SDQCR, bylo by možné tyto dvě operace udělat jedním nožem. Tato část se provádí z důvodu realizace závěrečného upíchnutí s dostupným nástrojem, který je omezen na upichování průměru 32 mm. Dále také pro tvorbu odlehčení, které zajistí větší stabilitu základny na nerovných površích.
- V další operaci se provede upnutí do levého (hlavního) sklíčidla, ze strany, kde byl vysoustružen otvor.
- Vyhrubuje se vnější kontura s přídavkem na obrábění 0,5 mm a následně se kontura dokončí.
- Vytvoří se slepý otvor pro ořech pomocí monolitní frézy.
- Vyvrtá se středová díra do hloubky 35 mm, vrtákem o průměru 16 mm. Následně rozšířena na průměr 18 mm pro přípravu soustružení závitu.

- Vysoustružit vnitřní dvouchodý metrický závit se stoupáním 2 mm do hloubky 31 mm.
- Dále se součást upíchne, odstraní se otřepy a zkontrolují se rozměry.

4.7.2 Technologický postup pro součásti Šroub

- Přířez se upne do hlavního vřetene za průměr 32 mm s délkou vysunutí 91 mm. Poté se srazí čelo, vyhrubuje a dokončí vnější kontura obrobku.
- Vysoustružit vnější dvouchodý metrický závit se stoupáním 2 mm.
- Následuje upnutí i do protivřetene za průměr 14 mm, kde je použito měkkých čelistí. Je zde použito synchronních otáček.
- Zapichovacím nožem soustružíme zápich blízko hlavního vřetene. Poté se obrobek upíchne. Uchycení v protivřetení pomáhá snížit vibrace. Po upíchnutí odjede vedlejší vřeteno od hlavního.
- Zafixuje se osa C a vrtá se díra o průměru 3 mm.
- Jako poslední operace je vyfrézována drážka do čela součásti dle výkresu.

4.7.3 Technologický postup pro součásti Rameno

- Přířez se upne do měkkých čelistí protivřetene. Zafixuje se osa C.
- Frézuje se jedna strana pro protikus pro drážku do hloubky dle výkresu. Otočení osy C o 180° a frézovat z druhé strany.
- Pak je frézován rádius (R6) a vyvrtána díra o průměru 3 mm.
- Obrobek se otočí a stejný postup je opakován i z této strany.

4.7.4 Technologický postup pro součásti Klika

- Přířez se upne do čelistového sklíčidla vedlejšího vřetene s vysunutím 27 mm.
- Srazí se čelo a soustruží se kontura dle výkresu.
- Zafixuje se osa C a vrtá se díra o průměru 3 mm.
- Čelním frézováním se vytvoří drážka široká 4 mm do hloubky 12 mm.
- Zapichovacím nožem se vytvoří rádius a obrobek se upíchne

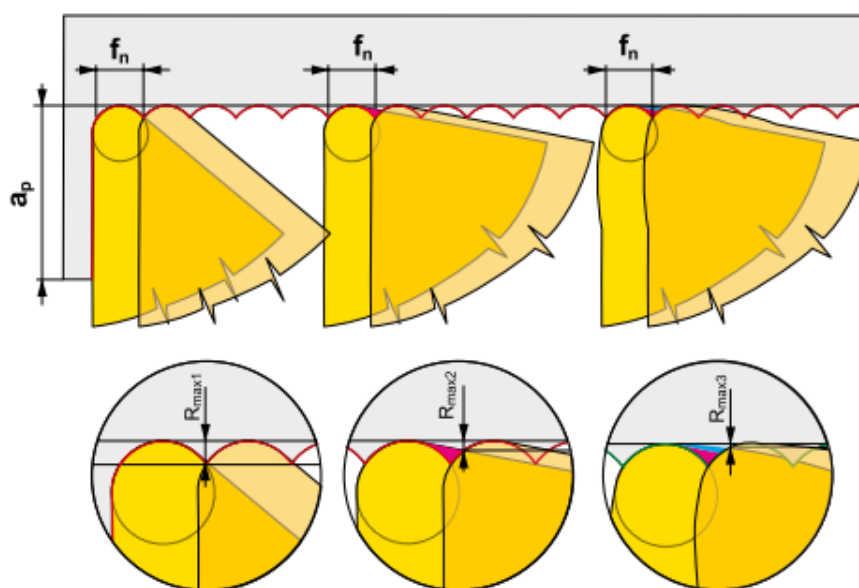
4.7 Drsnost povrchu

Drsnost povrchu (R_a) při soustružení je především závislá na poloměru zaoblení špičky VBD a na velikosti posuvu. S rostoucím posuvem a s klesajícím poloměrem zaoblení špičky VBD drsnost povrchu roste. K dalším nepříznivým vlivům patří nestabilita soustavy (stroj – obrobek – nástroj), kde dochází k chvění a tudíž k vyšší drsnosti [33].

Tab. 10 Drsnosti povrchu pro jednotlivé posuvy a zaoblení špičky [39].

Jakost povrchu R_a hodnota (μm)	Poloměr zaoblení špičky r_ϵ (mm)					
	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
	Posuv, f (mm/ot)					
0,6	0,06	0,08	0,12	0,14	0,17	0,21
1,6	0,10	0,14	0,20	0,24	0,28	0,34
3,2	0,14	0,20	0,28	0,34	0,39	0,48
6,3	–	0,27	0,39	0,48	0,55	0,68
8,0	–	–	0,44	0,54	0,63	0,77

Vliv na drsnost povrchu má také nastavení úhlu vedlejšího břitu (κ_r'). Destičky typu C a W zvláště pak VBD s geometrií WIPER dosahují nižších drsností, než jsou uvedeny v tabulce. Dochází totiž k odstranění nerovností vzniklých v přechodném záběru tak, jak je uvedeno na Obr. 27 ($R_{\max 3} < R_{\max 2} < R_{\max 1}$) [33].



Obr. 27 Velikost drsnosti v závislosti na [31].

5 TVORBA PROGRAMU V SYSTÉMU SINUMERIK 840D SHOPTURN

Program pro obrábění jednotlivých součástí byl vytvářen v systému SinuTrain 7.5. Který je kompatibilní s verzí řídicího systému soustružnického centra SP 280SY. V základní verzi SinuTrain 7.5 není umožněno ovládat druhé vřeteno. Tato funkce je důležitá pro tvorbu programů zejména pro součásti Zvon a Šroub. Dále se vyskytly u této verze problémy s ovládáním C osy. Z tohoto důvodu byly programy Zvon, Šroub a Rameno znovu vytvořeny přímo v laboratoři ÚST u stroje SP 280SY. Bohužel se zde vyskytly problémy s použitím osových nástrojů po přepnutí do protivřetene. Proto jsou programy Zvon a Šroub rozděleny na dvě části a druhá část programu se vyvolá ručně.

5.1 Tvorba NC programu

Jak již bylo dříve řečeno, programování probíhá v řídicím systému ShopTurn pomocí dialogových oken.

Nejdříve se založí nová složka poté do ní nový program (formát .mpf). Jako první je zobrazena úvodní obrazovka, kde se stanoví jednotlivé rozměry polotovaru a další základní parametry jako jednotky, posunutí počátku, návratové roviny, maximální možné otáčky přídavek na sražení čela apod.

U sražení čela je nutné s nástrojem zajet až pod osu X (do mínusu), v závislosti na velikosti zaoblení špičky.

Ruční programování jednotlivých pohybů

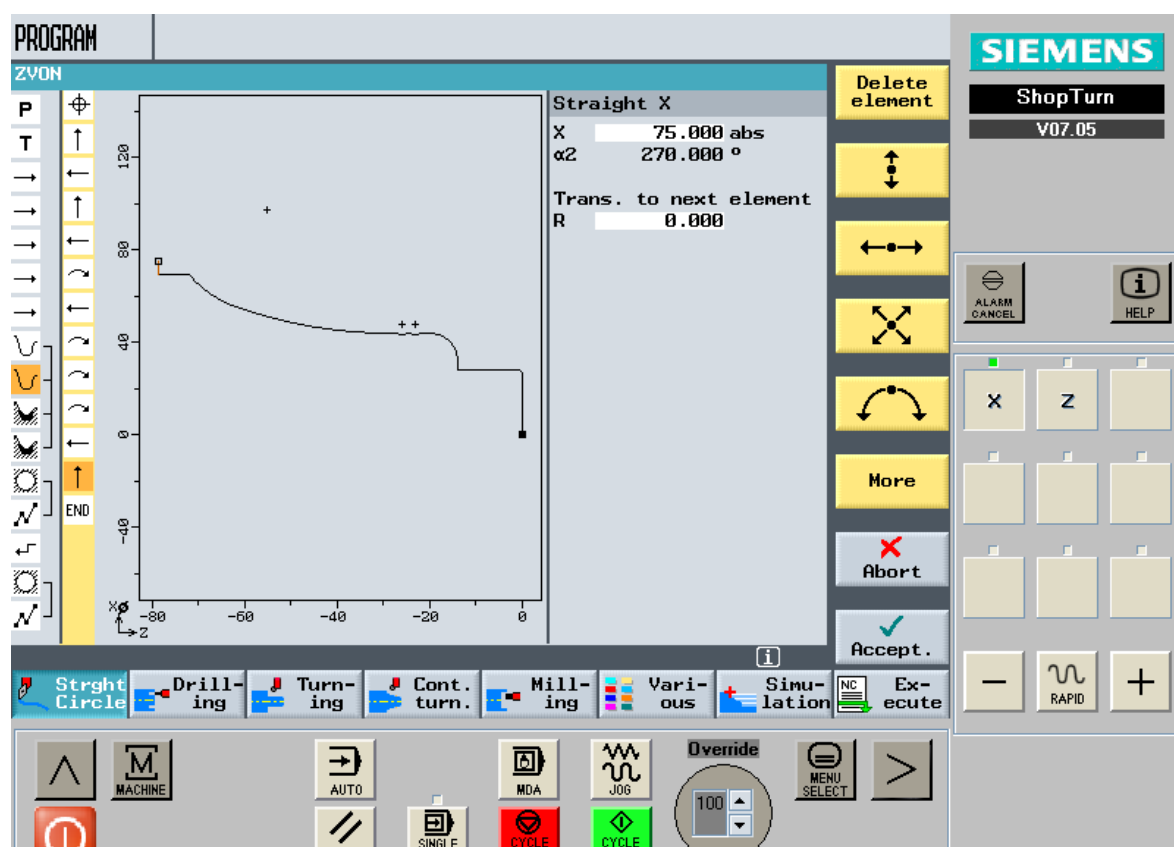
V systému ShopTurn je také možné využívat klasického programování pomocí G-kódu. Další možností je vybrání nástroje a nadefinování jeho řezné rychlosti popřípadě počtu otáček vřetene. Poté je možné přes jednotlivé pohybové funkce (přímka, kružnice, radius apod.) definovat přesně dráhu daného nástroje. Tuto funkci lze využít pro nestandartní dráhy nástroje, pro které není přímo určena jiná funkce (cyklus). Není vhodné tímto způsobem vytvářet složitější obrábění – je to zbytečně náročné na čas a málo efektivní.

Konturové soustružení

Hlavní soustružnické operace se provádí pomocí tzv. konturového soustružení, příklad kontury zvonu (viz Obr. 27). Jedná se o odebírání materiálu, které je definováno hraniční křivkou – konturou. Oblast obrábění je ohraničena křivkou vymezující tvar obrobku. Samotný tvar polotovaru je také možné zadávat pomocí kontury v tomto případě musí být kontura uzavřená. Po vytvoření kontury volíme funkci odebírání třísky dle kontury. Pro samotné odebírání třísky volíme mezi obráběním hrubovacím a dokončovacím či kombinací obou pomocí jednoho nože. Je zde také volba hlavního směru pohybu nástroje,

jež může být podélný, příčný nebo paralelní s konturovou křivkou. U obrábění těchto součástí bylo využito podélné soustružení. Jen u dokončení odlehčení na spodní části zvonu bylo využito obrábění paralelní.

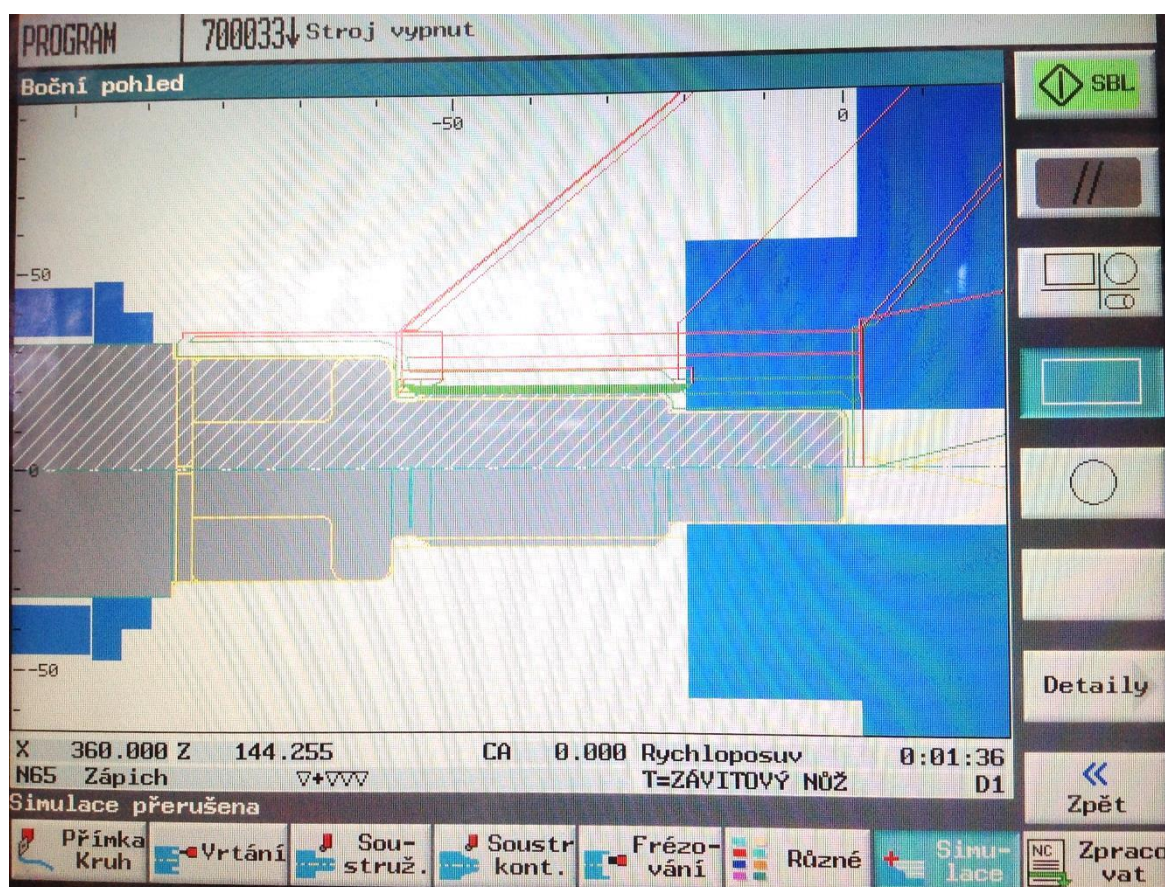
U kontury zvonu se využívá funkce podříznutí. U podříznutí dochází k zanoření nástroje do materiálu. S tím souvisí nepříznivé silové působení, jež je vhodné kompenzovat snížením posuvu. Podříznutí se provádí dokončovacími nástroji. Kde zásadní roli hraje úhel κ_r , ten musí být větší než úhel sestupu nástroje do materiálu. Bezpečná vůle mezi obrobkem a vedlejším ostřím je úhel alespoň 2° [15].



Obr. 28 Kontura pro vnější soustružení součásti Zvon.

Využití předání pro protivřeteno

Programování obrábění pomocí protivřetene probíhá stejným způsobem jako programování hlavního vřetene. Při výběru funkcí protivřetene je možné vybrat, uchycení, vytažení nebo kompletní opracování. Uchycení vřetenem je použito u součásti Šroub, kde se nejdříve synchronizují otáčky a při synchronizovaných otáčkách uchopí obrobek. Naprogramuje se zápich a upichovací cyklus. Poté je obrobek vytažen pomocí protivřetene od hlavního vřetene a je připraven k opracování z druhé strany.



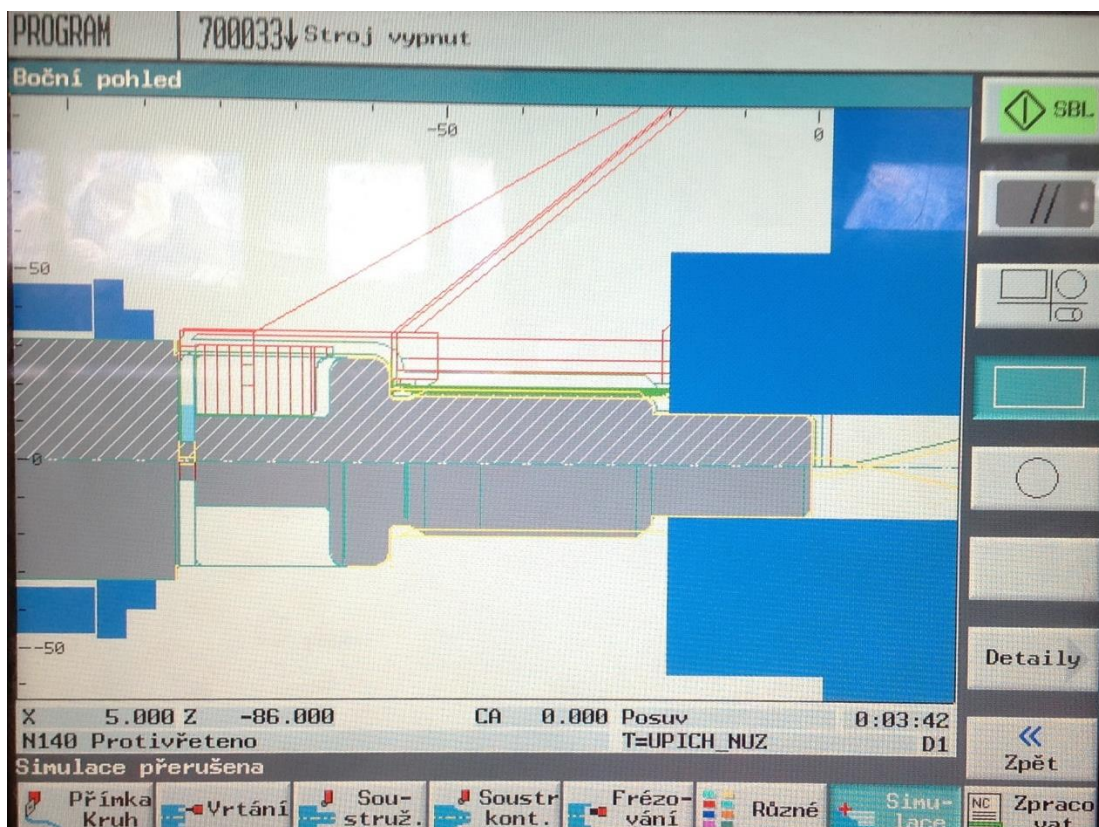
Obr. 29 Grafická simulace předání do protivřetene.

Tvorba zápichů

Je možné vytvářet zápichy v příčném i v podélném směru. Pro boky a dno zápichu můžeme volit přídavek pro dokončovací obrábění. Je možné volit odlehčovací zápichy typu E a F a závitové zápichy. Odlehčovací jsou vyráběny na jeden záběr na rozdíl od závitových, kde nástroj kopíruje tvar zápichu tak dlouho, dokud není dokončen. U součásti Šroub byl využit závitový zápich.

Upichování

Pro upichování jsou využívány upichovací nože. Je zde také možnost vytvořit upichovacím nožem fazetu nebo zaoblení. U hloubky X1 je možné určit snížený posuv tak, aby byla rychlost snížena v závislosti na zmenšujícím se průměru. Parametr X2 určuje maximální hloubku při upichování, která se volí pod osu x. U upichování korozivzdorné oceli je velké riziko tvorby nárůstku na břitu. Tento problém můžeme minimalizovat například zvýšením řezné rychlosti nebo použitím nástroje s ostřejším břitem [15].



Obr. 30 Cyklus upichování.

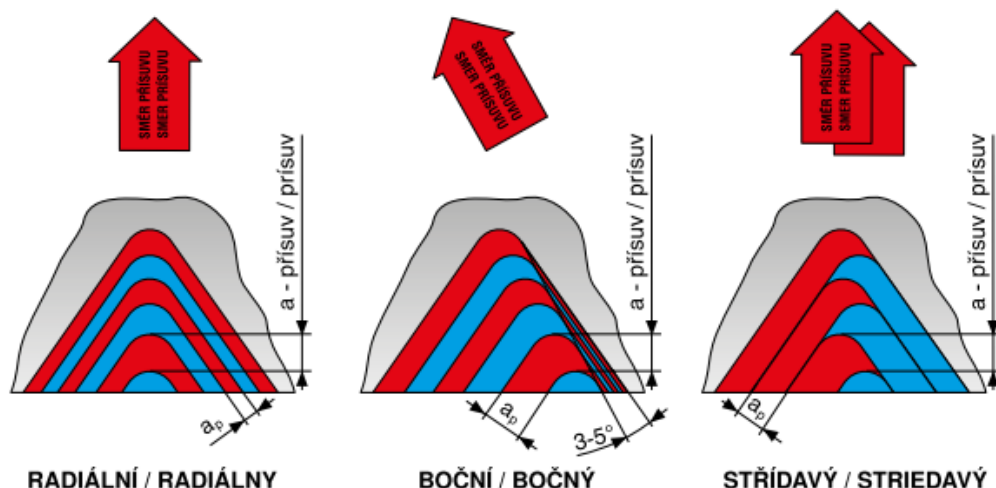
Soustružení závitů

Je možné vytvořit čtyři typy závitů – podélné, příčné, řetězené a kuželovité. Je několik způsobů, jak lze vytvořit pravý či levý závit. Závisí to na nastavení otáček vřetene, počátečního a koncového bodu obrábění a polohy nástroje. Je také možnost vytvářet závity jednochodé i vícechodé. U vyráběné součásti byl z důvodů popsaných v kapitole 4.4 zvolen dvouchodý metrický závit se stoupáním 2 mm. U metrických závitů systém automaticky nastavuje hloubku závitu (lze upravit).

Pro tvorbu závitů je možné volit ze tří různých variant přísluvu [1, 15]:

- Radiální přísluv:
 - vhodný pro stoupání do 1,5 mm,
 - příznivá tvorba třísky a rovnoměrné opotřebení bříty,
 - pro zpevňující materiály za studena, tvořící krátkou třísku.
- Boční přísluv:
 - vhodný pro stoupání nad 1,5 mm,
 - snižuje zatížení a opotřebení špičky,
 - používá se pro trapézové závity.

- Střídavý přísuv:
 - pro závity s velkým stoupáním,
 - pro materiály tvořící dlouhou třísku,
 - rovnoměrné opotřebení břitu.



Obr. 31 Typy přísuvu nástroje pro tvorbu závitů [33].

U vyráběných součástí byl hlavně z důvodu zpevňování austenitické korozivzdorné oceli za studena zvolen radiální přísuv. Výsledná tříska má díky kolmému směru přísuvu tvar V, a opotřebení VBD je rovnoměrné

Frézovací operace

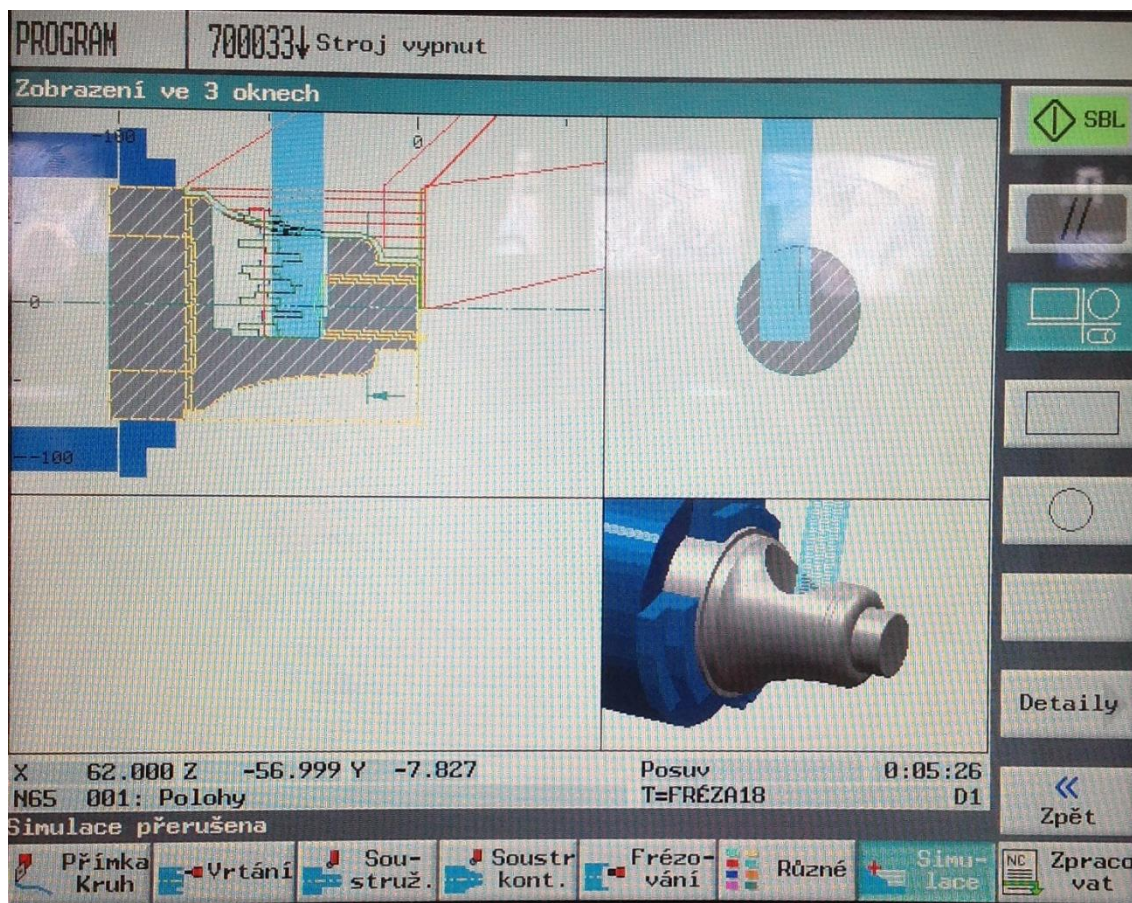
Díky poháněným nástrojům lze provádět také frézovací operace. Frézování je prováděno pomocí jednotlivých cyklů. Například vyfrézování kruhové či obdélníkové kapsy, čepu nebo drážky, dále pak vytvoření mnohohranu a gravírování. Zadávaní je možné jak v kartézských souřadnicích, tak polárními souřadnicemi. Frézování volíme polohu a natočení vzhledem k obráběné součásti – čelo/plášť [15].

V diplomové práci byly použité frézovací operace pro vytvoření drážek pro spojení jednotlivých kusů. Dále pak pro vytvoření slepého otvoru pro vložení ořechu. Pro výrobu součásti Rameno byla naprogramována přímo dráha nástroje spolu s využitím otáčení osy C.

Při programování drážek u součásti Šroub a Klika byla použita funkce vytvoření obdélníkové kapsy. U malého průměru nástroje je potřeba pro dodržení předepsané řezné rychlosti vysokých otáček. Vzhledem k maximálním otáčkám nástrojového vřetene byla tato rychlost snížena na $v_c = 35 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Je využito trochodiálního frézování, kde nástroj postupuje v kruhových dráhách vpřed. Průměr nástroje je menší než šířka drážky a nástroj není celý v záběru, aby byl zajištěn dostatečný prostor pro odchod třísek. Nevýhoda této metody spočívá v radiální síle, která může vést ke vzniku chvění a deformace nástroje a

tím i zhoršené kvalitě obrobenej plochy. V případě nedostatečné kvality je možné použít druhou metodu tzv. Ponorné frézování, kde síly působí pouze v podélném směru.

U frézování kruhové kapsy pro vložení ořechu u součásti Zvon bylo využito pro hlavní zanoření využito šroubovovitého zajištění po spirální dráze, další oddělené stupně byly vytvořeny zajištěním středem.

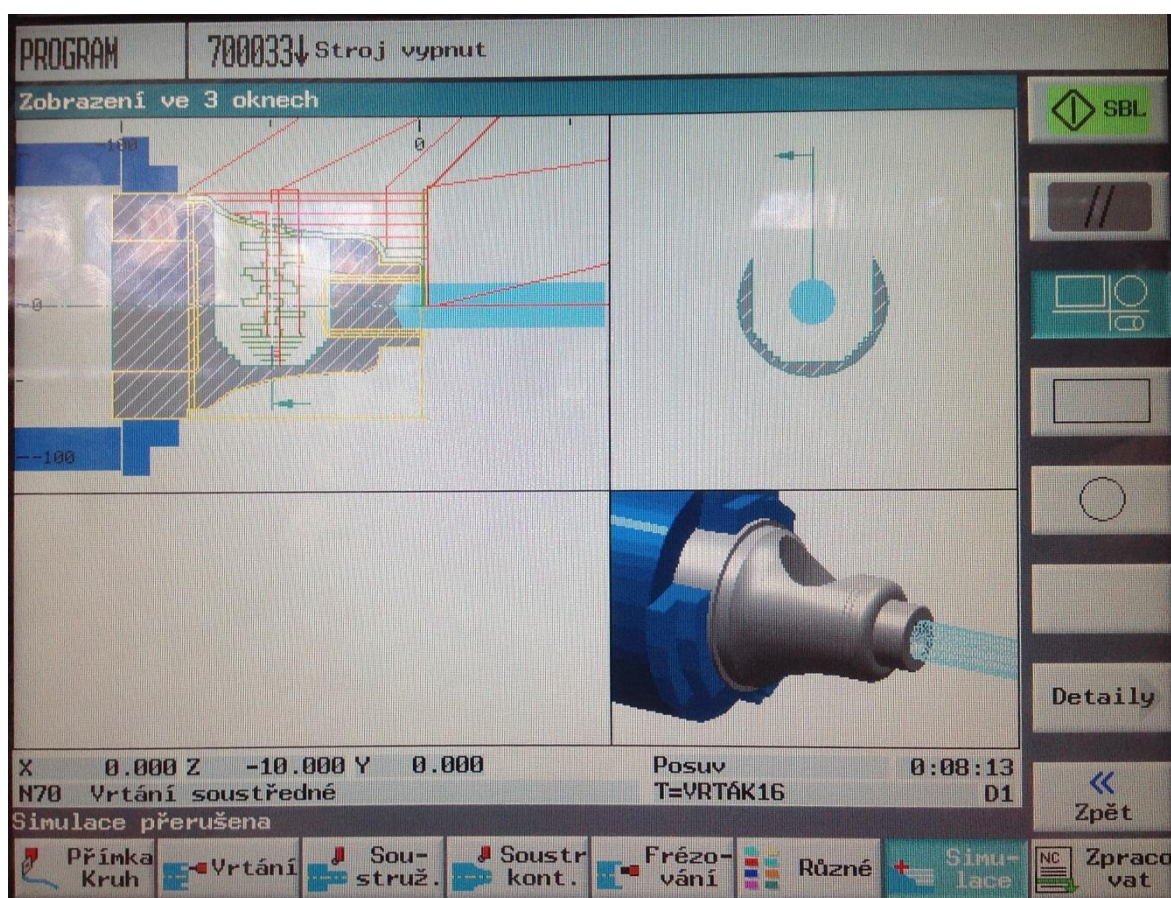


Obr. 32 Frézování otvoru pro ořech.

Vrtací operace

Před samotným vrtáním najíždí nástroj rychloposuvem na bezpečnostní vzdálenost. Pak následuje pracovní posuv a samotné vrtání. Při vrtání středových děr se otáčí hlavní vřeteno. Pro lepší odvod třísky je zde možnost nastavení ulamování třísky popřípadě vyjíždění z obrobku. Pro vrtání austenitické korozivzdorné oceli byly vybrány monolitní karbidové vrtáky s vnitřním přívodem kapaliny od firmy Pramet.

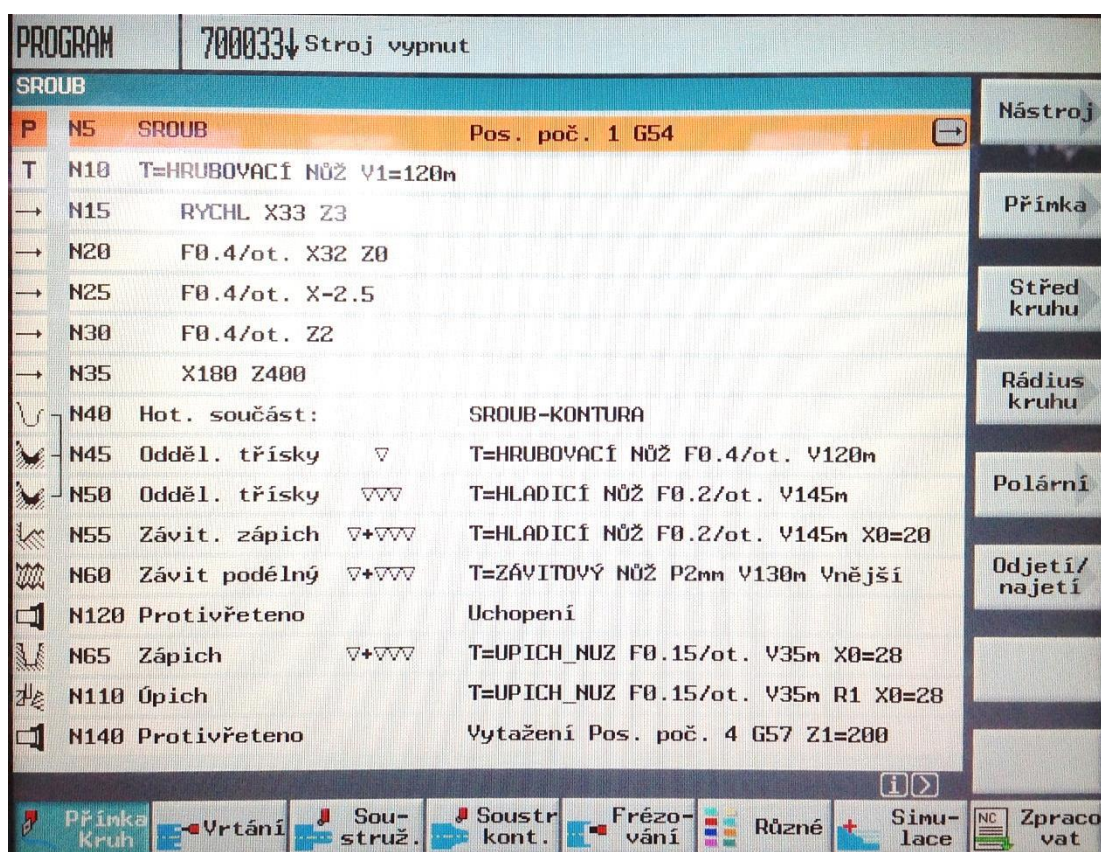
Pro polohování otvorů můžeme použít buď základní nastavení jednoho otvoru, nebo funkci polohování, kde jsou určovány jednotlivé polohy více děr.



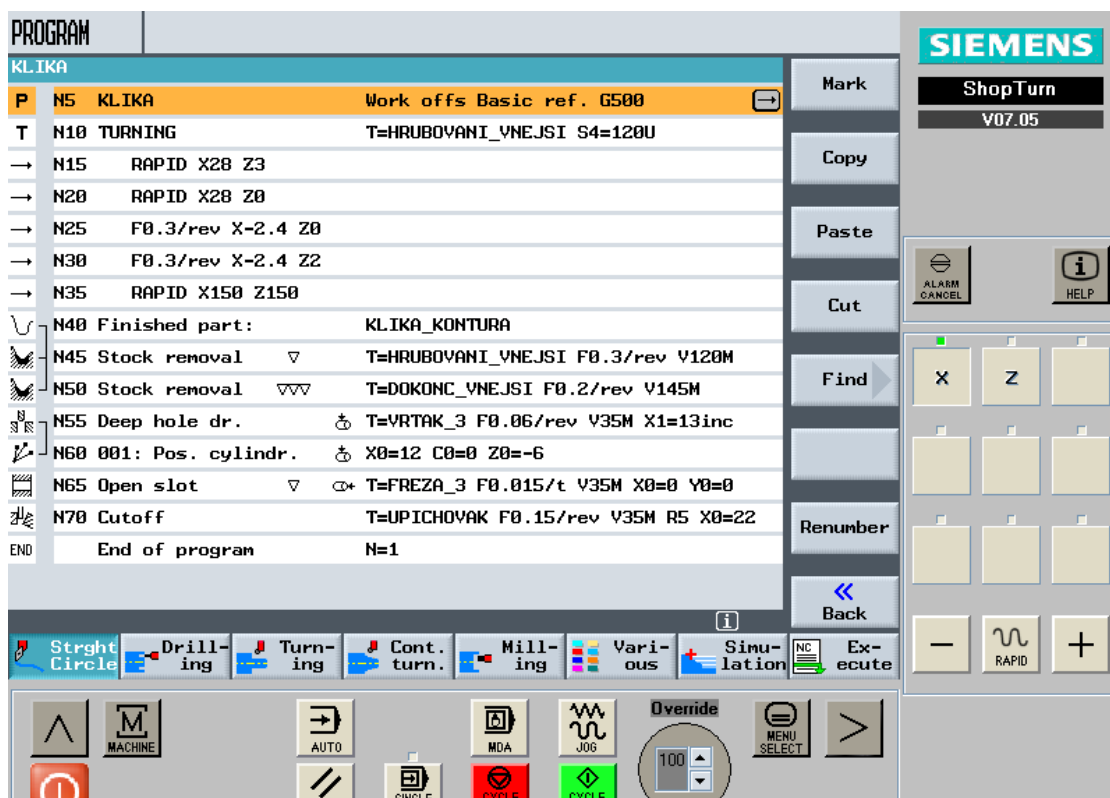
Obr. 33 Vrtání středového otvoru součásti Zvon.

5.2 Jednotlivé programy pro výrobu součástí

Dále jsou uvedeny ukázky hlavní dialogového okna programů pro výrobu jednotlivých součástí. Celé programy se dále pak nacházejí přílohách a jsou také přiloženy v digitální podobně na CD nosiči.



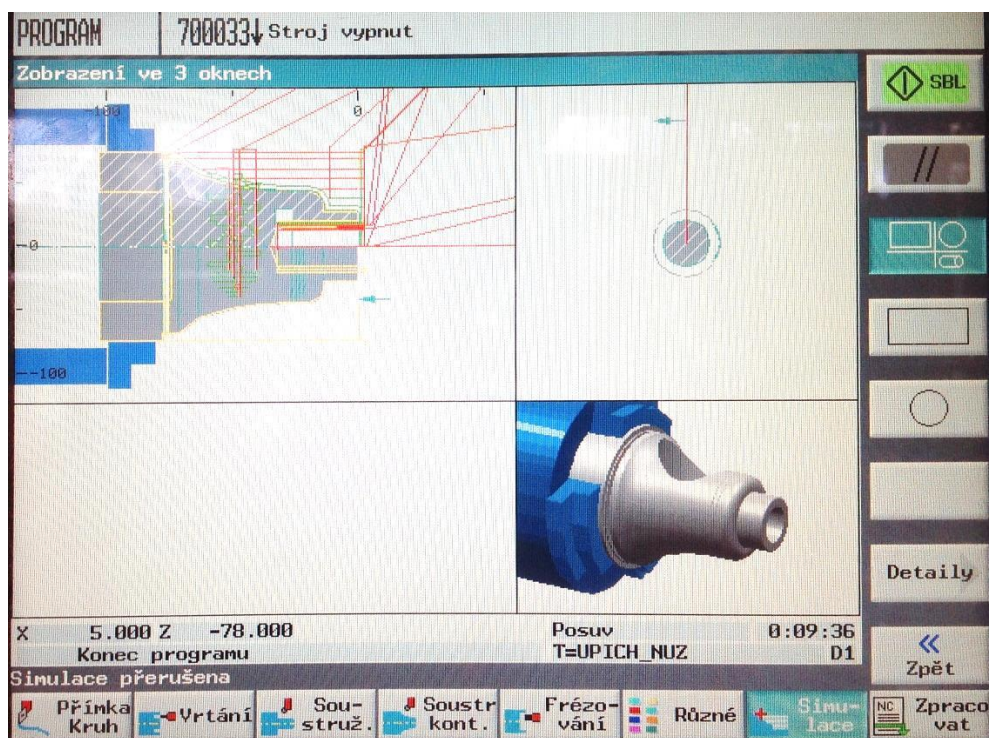
Obr. 34 Program pro součást Šroub přímo u stroje SP 280SY.



Obr. 35 Program pro součást KLIKA v programu Sinutrain 7.5.

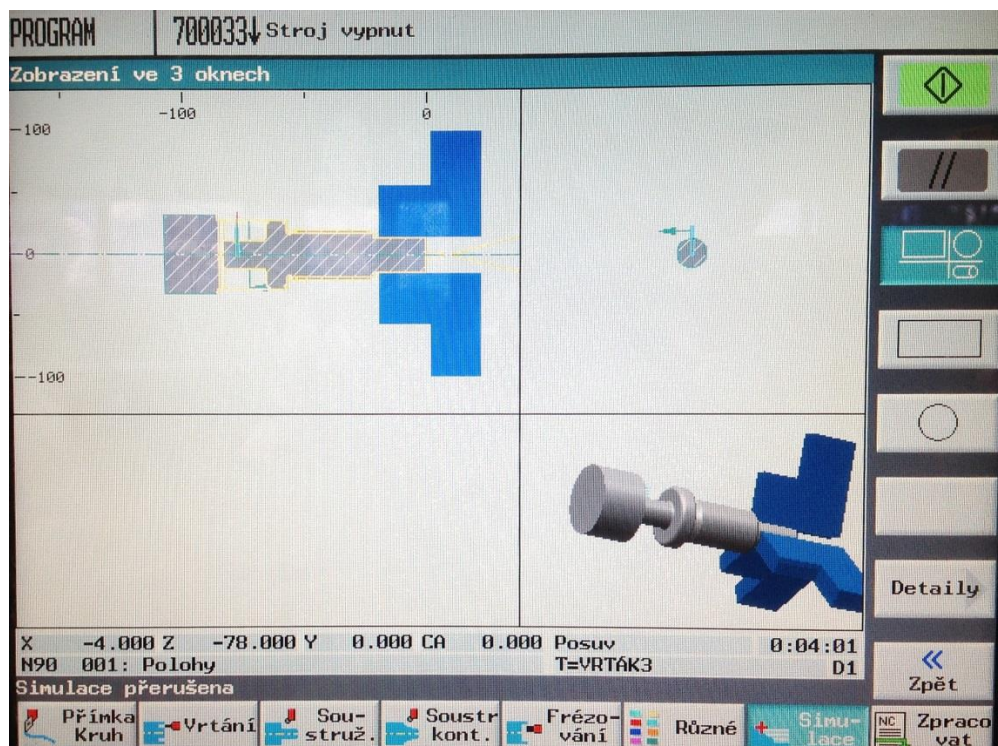
5.3 Ověření NC programu – grafické simulace

Zvon

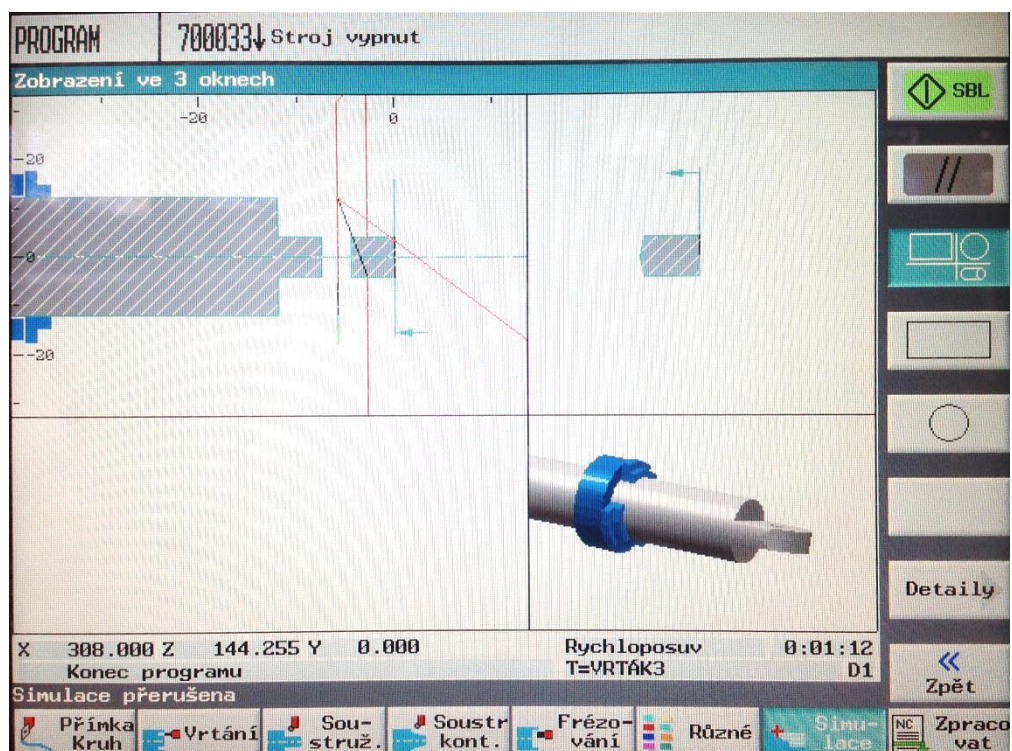


Obr. 38 Grafická simulace – součást Zvon.

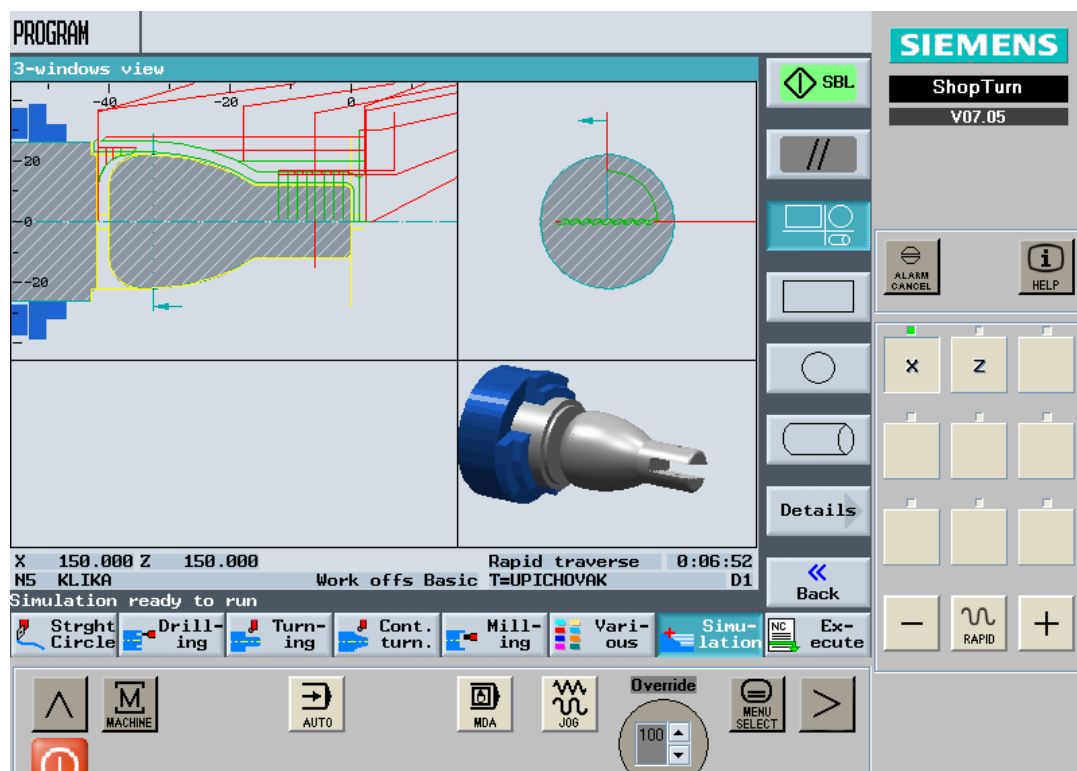
Šroub



Obr. 39 Grafická simulace – součást Šroub.

Rameno

Obr. 40 Grafická simulace – součást Rameno.

Klika

Obr. 41 Grafická simulace – součást Klika

6 TECHNICKO - EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

6.1 Výpočet nákladů na materiál

Využití materiálu udává kolik % materiálu z polotovaru je využito pro konečný výrobek. Tyčový materiál je nakupován v několika průměrech, kvůli kterým se liší i jeho pořizovací cena. Výkupní cena třísek z korozivzdorné oceli je $C_{\text{vmat}} = 21$ Kč/kg. Pomocí následujících vztahů jsou vyjádřeny materiálové ztráty a počet kusů, které jsou možné vyrobit z tyčí délky 3 m. Dále je vypočítána výsledná cena za materiál.

Výsledky pro jednotlivé součásti sestavy jsou shrnuty do tabulky. Měrná hustota pro korozivzdornou ocel je $\rho = 8000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Tab. 11 Ceny materiálu (C_{mat}) pro jednotlivé průměry [26].

Cena materiálu za 1 kg [Kč]			
Zvon (ø 75 mm)	Šroub (ø 32 mm)	Rameno (ø 12 mm)	Klika (ø 26 mm)
75,8	81,8	90,3	89,3

Jednotkové ztráty vzniklé obráběním polotovaru:

$$q_0 = Q_p - Q_s \text{ [kg]} \quad (17)$$

Ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu (tloušťka řezu 1,5 mm):

$$q_u = \pi \cdot \frac{D_p^2}{2} \cdot 0,0015 \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (18)$$

Stanovení počtu přířezů z tyčového materiálu:

$$n = \frac{L_t - p_{zč}}{l_s + u} \text{ [ks]} \quad (19)$$

Ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče:

$$q_k = \frac{Q_k}{n_p} \text{ [kg]} \quad (20)$$

Celkové ztráty při výrobě součásti:

$$z_m = q_o + q_u + q_k \text{ [kg]} \quad (21)$$

Norma spotřeby materiálu:

$$N_m = Q_s + z_m \text{ [kg]} \quad (22)$$

Stupeň využití materiálu polotovaru:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} [-] \quad (23)$$

Náklady na materiál potřebný k výrobě jednoho kusu:

$$N_{mat} = N_m \cdot C_{nmat} - z_m \cdot C_{vmat} \text{ [Kč]} \quad (24)$$

Kde:	q_o [kg]	-	jednotkové ztráty vzniklé obráběním polotovaru,
	Q_p [kg]	-	hmotnost polotovaru,
	Q_s [kg]	-	hmotnost hotové součásti,
	q_u [kg]	-	ztráty vzniklé dělením tyčového materiál,
	D_p [mm]	-	průměr polotovaru,
	ρ [kg.m ⁻³]	-	měrná hustota pro korozivzdornou ocel,
	n_p [ks]	-	počet přířezů z tyčového materiálu,
	L_t [mm]	-	délka tyčového polotovaru,
	$p_{zč}$ [mm]	-	přídavek na zarovnání čela,
	l_s [mm]	-	délka hotové součásti,
	u [mm]	-	délka upíchnutí,
	q_k [kg]	-	ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče (vztaženo na 1 kus),
	Q_k [kg]	-	hmotnost nevyužitého konce tyče,
	z_m [kg]	-	celkové ztráty při výrobě součásti,
	N_m [kg]	-	norma spotřeby materiálu,
	k_m [-]	-	stupeň využití materiálu polotovaru,
	N_{mat} [Kč]	-	náklady na materiál potřebný k výrobě jednoho kusu,
	C_{nmat} [Kč·kg-1]	-	nákupní cena materiálu,
	C_{vmat} [Kč·kg-1]	-	výkupní cena materiálu.

Tab. 12 Využití materiálu a náklady na výrobu jednotlivých součástí.

	Zvon	Šroub	Rameno	Klika
Q_p [kg]	3,81	0,69	0,06	0,25
Q_s [kg]	0,594	0,161	0,046	0,066
q_0 [kg]	3,216	0,529	0,014	0,184
q_u [kg]	$53,014 \cdot 10^{-3}$	$9,65 \cdot 10^{-3}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$6,37 \cdot 10^{-3}$
n [ks]	28,16	26,9	41,95	48,77
q_k [kg]	$21,65 \cdot 10^{-3}$	$23,71 \cdot 10^{-3}$	$1,44 \cdot 10^{-3}$	$4,04 \cdot 10^{-3}$
z_m [kg]	3,291	0,562	0,018	0,194
N_m [kg]	3,885	0,723	0,0628	0,26
k_m [-]	0,153	0,223	0,733	0,253
N_{mat} [Kč]	225,35	47,36	5,32	19,17

Celkové materiálové náklady na jeden kus jsou tedy 297,2 Kč.

6.2 Analýza strojních časů (při trvanlivosti nástrojů $T = 15$ min)

Strojní časy jednotlivých operací byly převzaty ze simulace v programu Sinumerik ShopTurn.

Tab. 13 Strojní a časy – součást Zvon

Číslo operace	Nástroj	Strojní čas [mm:ss]
02/02	Vrták: 303DA-16,0-45-A16-M	00:10
03/03	Nůž: A10H SCLCR 06 VBD: CCMT 060208E-UR	01:13
04/04	Nůž: A20R SVJBR 11 VBD: VCMT 110304E-UM	00:14
06/06	Nůž: DWLNL 2525 M08 VBD: WNMG 080412E-RM	01:18
07/07	Nůž: DDJNL 2525 M11 VBD: DNMG 110404E-NM	00:30
08/08	Monolitní fréza: 18E3S100-38A18 SUMA	06:02
09/09	Vrták: 303DA-16,0-45-A16-M	00:11
010/010	Nůž: A10H SCLCL 06 VBD: CCMT 060208E-UR	00:07

011/011	Nůž: SIL 1416 N16-2 VBD: TN 16NL 200M	00:15
012/012	Nůž: GFKL 2525 M02 VBD: LCMF 022002-M2	00:55

Tab. 14 Strojní časy – součást Šroub.

Číslo operace	Nástroj	Strojní čas [mm:ss]
02/02	Nůž: DWLNL 2525 M08 VBD: WNMG 080412E-RM	0:44
03/03	Nůž: DDJNL 2525 M11 VBD: DNMG 110404E-NM	0:20
04/04	Nůž: SEL 2525 M16 VBD: TN 16EL 200M	0:16
06/06	Nůž: GFKL 2525 M02 VBD: LCMF 022002-M2	02:13
07/07	Vrták: 303DA-3,0-14-A06-M	00:10
08/08	Monolitní fréza: 03E3S40-09A03 SUMA	05:14

Tab. 15 Strojní časy – součást Rameno.

Číslo operace	Nástroj	Strojní čas [mm:ss]
02/02	Monolitní fréza: 18E3S100-38A18 SUMA	00:36
03/03	Monolitní fréza: 18E3S100-38A18 SUMA	00:30
04/04	Vrták: 303DA-3,0-14-A06-M	00:05
06/06	Monolitní fréza: 18E3S100-38A18 SUMA	00:36
07/07	Vrták: 303DA-3,0-14-A06-M	00:05

Tab. 16 Strojní časy – součást Klika.

Číslo operace	Nástroj	Strojní čas [mm:ss]
02/02	Nůž: DWLNR 2525 M08 VBD: WNMG 080412E-RM	00:43
03/03	Nůž: DDJNR 2525 M11 VBD: DNMG 110404E-NM	00:08
04/04	Vrták: 303DA-3,0-14-A06-M	00:09

05/05	Monolitní fréza: 03E3S40-09A03 SUMA	05:14
06/06	Nůž: GFKR 2525 M02 VBD: LCMF 022002-M2	00:27

Tab. 17 Celkové využití (opotřebení) jednotlivých nástrojů pro výrobu jedné sestavy.

Nástroj	Strojní čas [mm:ss]
WNMG 080412E-RM; 9235	02:45
DNMG 110404E-NM; 9235	00:58
CCMT 060208E-UR; 9230	01:20
VCMT 110304E-UM; 8030	00:14
TN 16EL 200M; 8030	00:16
TN 16NL 200M; 8030	00:15
LCMF 022002-M2; 3025	03:35
03E3S40-09A03 SUMA	10:28
18E3S100-38A18 SUMA	07:44
303DA-3,0-14-A06-M	00:29
303DA-16,0-45-A16-M	00:22

Zjištěné časy jsou pouze orientační, nemusí přesně odpovídat reálným hodnotám. K těmto hodnotám je třeba dále připočíst čas na výměnu nástroje, jedné výměně odpovídá přibližně 5 s. Dále je třeba připočíst čas na upnutí a odepnutí nástroje. Je počítáno s obsluhou jednoho stroje tedy nemusím uvažovat čas interference stroje. Výsledky jsou zpracovány do tabulky číslo 18.

$$t_{mA} = t_{mA4} + t_{mA5} + t_{mA6} [\text{min}] \quad (25)$$

Kde: t_{mA4} [min] – jednotkový čas chodu stroje (čas obráběcího procesu),
 t_{mA5} [min] – jednotkový čas klidu stroje (čas na upínání a odepínání obrobku),
 t_{mA6} [min] – jednotkový čas interference stroje (používá se při vícestrojové obsluze).

Tab. 18 Celkové výrobní časy pro jednotlivé součásti.

Součást	Simulovaný strojní čas [min]	Čas na výměnu nástrojů [min]	t_{mA4} [min]	t_{mA5} [min]	t_{mA} [min]
Zvon	10,92	0,91	11,83	1	12,83
Šroub	9,1	0,67	9,77	1	10,77
Rameno	1,87	0,33	2,2	1,4	3,6
Klika	6,68	0,42	7,1	1	8,1

6.3 Stanovení výsledné ceny

Pro provoz CNC soustruhu SP 280SY byly na fakultě stanoveny náklady na provoz ve výši 1200 Kč/hod.

Tato sazba obsahuje:

- náklady na pracovníka,
- náklady na nástroje,
- odpisy stroje,
- náklady na údržbu,
- energie a další přímé náklady (chladicí kapalina,...),
- režijní náklady (správní režie, budovy, nevýrobní zařízení).

Je počítáno s časovým efektivním fondem 251 pracovních dnů (odečtené víkendy a dny pracovního klidu. Dále se uvažuje dvousměnný provoz po 8 hodinách s půlhodinovou přestávkou. Časy a náklady na materiál jsou získány ze simulací a předešlých výpočtů.

Náklady na hodinu provozu stroje (N_{hs})

$$N_{hs} = S_f + \frac{C_s + N_i + N_d - L}{Z + F_{ef}} \text{ [Kč.hod}^{-1}\text{]} \quad (26)$$

$$N_{hs} = 1200 + \frac{3500000 + 15000 + 10000 - 300000}{10.3765} = \mathbf{1285,7 \text{ Kč.hod}^{-1}}$$

Kde:	C_s [Kč]	-	cena stroje,
	S_f [Kč.hod ⁻¹]	-	fixní hodinová sazba,
	N_i [Kč]	-	náklady na instalaci stroje,
	N_d [Kč]	-	náklady na demontáž stroje,
	L [Kč]	-	likvidační hodnota,
	Z [r]	-	doba životnosti,
	F_{ef} [hod]	-	efektivní časový fond stroje na rok.

Výrobní režie byla stanovena na 22 % z hodinové sazby stroje ($N_{\text{mat}} = N_p$).

Výsledná cena součástí (N)

$$N = N_p + \left(t_{mA} \cdot \frac{N_{hs}}{60} \right) \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) [Kč] \quad (27)$$

Zvon

$$N_{Zvon} = 225,35 + \left(12,83 \cdot \frac{1285,7}{60} \right) \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \right) = 555,3 \text{ Kč}$$

Šroub

$$N_{\text{šroub}} = 47,36 + \left(10,83 \cdot \frac{1285,7}{60} \right) \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \right) = 324,3 \text{ Kč}$$

Rameno

$$N_{Rameno} = 5,32 + \left(3,6 \cdot \frac{1285,7}{60} \right) \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \right) = 97,9 \text{ Kč}$$

Klika

$$N_{Klika} = 19,17 + \left(8,1 \cdot \frac{1285,7}{60} \right) \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \right) = 227,5 \text{ Kč}$$

Celková cena sestavy

$$N_C = N_{Zvon} + N_{\text{šroub}} + N_{Rameno} + N_{Klika} \quad (28)$$

$$N_C = 555,3 + 324,3 + 97,9 + 227,5 = 1204,9 \text{ Kč}$$

Kde:	N_p [Kč]	-	cena polotovaru,
	R [%]	-	výrobní režie (v našem případě 22 %),
	N_{hs} [Kč.hod ⁻¹]	-	náklady na hodinu provozu stroje,
	t_{mA} [min]	-	jednotkový strojní čas,
	N_C [Kč]	-	celková cena sestavy,
	N_{Zvon} [Kč]	-	cena součásti Zvon,
	$N_{\text{šroub}}$ [Kč]	-	cena součásti Šroub,
	N_{Rameno} [Kč]	-	cena součásti Rameno,
	N_{Klika} [Kč]	-	cena součásti Klika.

ZÁVĚR

Práce pojednává o metodách a možnostech NC programování, se zaměřením na dílensky orientované programování v softwaru SinuTrain 7.5. Na začátku práce bylo začlenění ŘS Sinumerik 840D – ShopTurn od společnosti Siemens mezi ostatní řídicí systémy a představení konkurenčních výrobců ŘS jako jsou Fanuc a Heidenhain.

Byly navrhnuté součásti a vypracována technická dokumentace obsahující výkresovou dokumentaci a technologický postup. Byly také vytvořeny 3D modely a výrobní programy v systému SinuTrain 7.5. Zvolený materiál je korozivzdorná austenitická ocel – 1.4301, která je vhodná pro potravinářský průmysl. Řezné podmínky byly voleny dle katalogů od společnosti Pramet s ohledem na zvolený materiál, možnosti stroje a dostupných nástrojů. Během návrhu byl také proveden pevnostní propočet kritické části u součásti Klika, dle něhož byl zvolen potřebný průměr této součásti a velikost drážky. Dle dostupných nástrojů byl zvolen závit M20x4(2), pro tuto aplikaci by bylo však vhodnější použít výrobu trapézového závitu Tr 16x4 pomocí závitníku. Řešením výkonové charakteristiky bylo zjištěno, že výkon hlavního vřetene je dostačující pro hrubování v protivřeteni však musely být upraveny řezné podmínky, aby byl výkon dostatečný – snížení hloubky záběru ze 4 mm na 3 mm. Tím se sníží potřebný výkon ze 7,84 kW na 5,56 kW.

Byly provedeny kontroly správnosti navrhovaných programů pomocí grafických simulací v systému SinuTrain 7.5 a přímo u stroje SP 280SY.

Program SinuTrain 7.5 v základní verzi, která je dostupná ke stažení na stránkách Siemens, nepodporuje ovládání C osy a ovládání protivřetene. Z tohoto důvodu byl konečný program napsán na stroji SP 280SY, kde software tyto funkce podporuje. V laboratoři ÚST se však po předání do protivřetene nepodařilo nastavit obrábění osovými nástroji. Systém hlásil v závislosti na nastavení chybu v nastavení návratových rovinách či orientace nástroje. Zajímavé je, že kvůli této chybě a možnosti kolize vás systém nepustí, ale na druhou stranu spustí simulaci, kde nástroj obrábí v místě, kde se aktuálně nachází sklíčidlo. Tuto problematiku by měli výrobci lépe vyřešit. Prozatím byl tento problém vyřešen ukončením programu a spuštěním druhého programu, který dokončí obrábění dané součásti.

V programování v systému ShopTurn se také vyskytl problém s cyklem pro tvorbu vnitřního závitu. Cyklus má nastaveno před samotným soustružením závitu najet do osy x. U malých otvorů pak vzniká kolize nástroje s obrobkem. Chybí tedy možnost nastavení výchozí polohy pro najíždění do závitu. Tento problém je možné řešit přes programování v G kódu pomocí funkce G33, kde se zvlášť naprogramuje, každý průchod závitového nože.

Na závěr bylo provedeno ekonomické zhodnocení výrobních časů a celkových nákladů na výrobu součástí.

- Zvon $t_{mAZ} = 12,83 \text{ min}$ $N_{Zvon} = 555,3 \text{ Kč}$
- Šroub $t_{mAŠ} = 10,77 \text{ min}$ $N_{Šroub} = 324,3 \text{ Kč}$
- Rameno $t_{mAR} = 2,6 \text{ min}$ $N_{Rameno} = 97,9 \text{ Kč}$
- Klika $t_{mAK} = 8,1 \text{ min}$ $N_{Klika} = 227,5 \text{ Kč}$

Celková cena sestavy pak vychází 1204,9 Kč.

Frézování drážek na čele u součástí Šroub a Klika monolitní frézou není nejvhodnější metodou z ekonomického hlediska – výrazně navyšuje strojní čas. Navíc je maximální řezná rychlost omezena možnostmi nástrojového vřeten. Toto řešení bylo zvoleno s ohledem na zadání diplomové práce pro aplikaci a vyrobitelnost na dvouvřetenovém soustružnickém centru SP 280SY. V praxi by tento problém byl lépe vyřešen kooperací s jiným strojem, kde by drážka byla vyfrézovaná kotoučovou frézou přímo na daný rozměr.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK CORMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění: kniha pro praxe*. 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, c1997, 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cutting - A Practical Handbook*. ISBN 91-972-2994-6.
2. *MM Průmyslové spektrum*. Praha: Vogel Publishing, 1997-. ISSN 1212-2572
3. SVOBODA, Evžen. *Technologie a programování CNC strojů*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 100 s. Učebnice pro odborné školy (Fragment). ISBN 80-720-0297-X.
4. SIEMENS. *Cnc controls* [online]. 2013 [vid. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.automation.siemens.com/mcms/mc-systems/en/automation-systems/cnc-sinumerik/sinumerik-controls/Pages/sinumerik-controls.aspx>
5. SIEMENS. *CNC systems* [online]. 2014 [vid. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.automation.siemens.com/mcms/mc/en/automation-systems/cnc-sinumerik/Pages/cnc-systems.aspx>
6. Naše rodina se jmenuje Sinumerik. *Tech. týdeník* [online]. 2013 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/nase-rodina-se-jmenuje-sinumerik_20079.html
7. SIEMENS. *Cnc4you* [online]. 2014 [vid. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/cnc4you/Pages/cnc4you.aspx>
8. SIEMENS. *Řídicí systém Sinumerik* [online]. 2014 [vid. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=3c76394997&ctxp=home>
9. SIEMENS. *Řídicí systém sinumerik 840D* [online]. 2013 [vid. 2014-04-22]. Dostupné z: <https://eb.automation.siemens.com/mall/catalog/products/7500013>
10. Měřicí a řídicí technika pro náročné aplikace polohování. *HEIDENHAIN* [online]. 2014 [vid. 2014-04-22]. Dostupné z: http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/home/
11. Řízení obráběcích strojů. *HEIDENHAIN* [online]. 2014 [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty-a-pouziti/cnc-řízení/
12. FANUC. *Řídicí systémy* [online]. 2010 [vid. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.fanucfa.cz/cz-cz/Products>
13. SIEMENS. *Sinumerik 840D/840Di/810D: Příručka programování - Základy*. Siemens, 2004, 486 s.

FSI VUT	DIPLOMOVÁ PRÁCE	List	68
---------	-----------------	------	----

14. SIEMENS. *Sinumerik 840D/840Di/810D: Příručka programování - Pro pokročilé*. 2004, 660 s.
15. SIEMENS. *Sinumerik 840D/840Di/810D: ShopTurn - Obsluha/Programování*. 2003, 435 s.
16. Cycles SINUMERIK 840D/840Di/810D : Programming Guide. *Siemens* [online]. 2002 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.siemens.com.br/upfiles/1036.pdf>
17. Programming Guide: Fundamentals. *Siemens* [online]. 2002 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.siemens.com.br/upfiles/1034.pdf>
18. SinuTrain. *CAD/CAM CNC technologie* [online]. 2013 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://cadcam.fme.vutbr.cz/?page=sinutrain>
19. Oblast přípravy výroby. *Střední průmyslová škola na proseku* [online]. 2009 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.sps-prosek.cz/soubory/S/CAX/CAM.pdf>
20. Oblast návrhu. *Střední průmyslová škola na proseku* [online]. 2009 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.sps-prosek.cz/soubory/S/CAX/CAD.pdf>
21. Catia. *CAD/CAM CNC technologie* [online]. 2013 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z <http://cadcam.fme.vutbr.cz/?page=catia>
22. *ShopTurn jednodušší soustružení* [online]. 2006 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: http://cache.automation.siemens.com/dnl/TI/TIzODg5MQAA_28803019_HB/TUS_T_0404_cz.pdf
23. KOCMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
24. SP280. KOVOSVIT MAS. *Kovosvit.cz* [online]. 2013 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/sp-280/>>.
25. PÍŠKA, M.; POLZER, A. *Programování moderních CNC strojů - Výukové texty ke kurzům*. Programování moderních CNC strojů - Výukové texty ke kurzům. 1. Brno: Ing. Vladislav Pokorný - LITERA Brno, 2012. s. 1-70. ISBN: 978-80-214-4519- 2.
26. INOXSPOL. *Nerezová ocel 14301* [online]. 2014 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.inoxspol.cz/nerezova-ocel-14301.html>
27. Rady. *Nerezmaterial* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.nerezmaterial.cz/rady>

FSI VUT	DIPLOMOVÁ PRÁCE	List	69
---------	-----------------	------	----

28. SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
29. Smykové tření. *Converter* [online]. 2002 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: 29. <http://www.converter.cz/tabulky/smykove-treni.htm>
30. KOYUNCU, M.A., K. EKINCI a E. SAVRAN. Cracking Characteristics of Walnut. *Biosystems Engineering* [online]. 2004, 01/2004 [vid. 2014-05-19]. DOI: 10.1016. Dostupné z: http://www.researchgate.net/publication/229179711_Cracking_Characteristics_of_Walnut
31. SHARIFIAN, Farough a Mohammadali Haddad DERAFSHI. Mechanical Behavior of Walnut under Cracking Conditions. *Science alert* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://scialert.net/fulltext/?doi=jas.2008.886.890>
32. Kvadratické a polární momenty průřez. *Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno* [online]. 2013 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z: http://web.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_11-10.pdf
33. PRAMET. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=574>
34. SAUTER. *Sauter tools* [online]. 2014 [vid. 2014-04-21]. Dostupné z: <http://www.sauter-tools.com/sauterproductadvisor/simplesearch.htm>
35. PRAMET. *Solid end mills* [online]. 2014 [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: www.pramet.com/download.php?id=91
36. PRAMET. *Hole making* [online]. 2014 [vid. 2014-04-26]. Dostupné z: www.pramet.com/download.php?id=604
37. ISCAR. *Iscar machining power* [online]. 2014 [vid. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://mpwr.iscar.com/machiningpwr/machiningpower.wgx?vwginstance=6d3c202a335f41%20debdfeecfdcf17728b>
38. KOVOSVIT. *SP Line – Číslicově řízené soustruhy* [online]. [vid. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.kovosvit.cz/_data_app_sections/downloads/cz/SP_180_280_cz_pl.pdf
39. SECOTOOLS. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-04-26]. Dostupné z: http://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/turning/Turning%202012_CZ_LR.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CAD	[-]	Computer Aided Design (počítačem podporované kreslení)
CAM	[-]	Computer Aided Manufacturing (systém počítačové podpory výroby)
CNC	[-]	Computer Numerical Control (počítačem číslicově řízený)
DNC	[-]	Direct Numerical Control (přímě číslicově řízený)
ISO	[-]	Mezinárodní organizace pro standardizaci (Internacional Organisation for Standardization)
NC	[-]	Numerical Control
ŘS	[-]	Řídicí systém
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička
A_D	[mm ²]	jmenovitý průřez třísky
C_{mat}	[Kč·kg ⁻¹]	nákupní cena materiálu
C_s	[Kč]	cena stroje
C_{vmat}	[Kč·kg ⁻¹]	výkupní cena materiálu
D	[mm]	průměr obrobku při soustružení, průměr nástroje při frézování
D_p	[mm]	průměr polotovaru
F₁	[N]	síla, kterou musíme působit na délce ramene l _r
F₂	[N]	síla působící na ořech
F_c	[N]	řezná síla
F_{ef}	[hod]	efektivní časový fond stroje na rok
K	[-]	bezpečnost
L_t	[mm]	délka tyčového polotovaru
L	[Kč]	likvidační hodnota
M_k	[N.mm]	krouticí moment
M_o	[mm]	ohybový moment
N_C	[Kč]	celková cena sestavy
N_d	[Kč]	náklady na demontáž stroje

N_{hs}	[Kč.hod ⁻¹]	náklady na hodinu provozu stroje
N_i	[Kč]	náklady na instalaci stroje
N_{Klika}	[Kč]	cena součásti Klika
N_m	[kg]	norma spotřeby materiálu
N_{mat}	[Kč]	náklady na materiál potřebný k výrobě jednoho kusu
N_p	[Kč]	cena polotovaru
N_{Ramen}	[Kč]	cena součásti Rameno
$N_{Šroub}$	[Kč]	cena součásti Šroub
N_{Zvon}	[Kč]	cena součásti Zvon
Q	[cm ³ .min ⁻¹]	objem odebraného materiálu za minutu
Q_k	[kg]	hmotnost nevyužitého konce tyče
Q_p	[kg]	hmotnost polotovaru
Q_s	[kg]	hmotnost hotové součásti
R	[%]	výrobní režie (v našem případě 22 %)
R_a	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
R_e	[MPa]	mez kluzu
S_f	[Kč.hod ⁻¹]	fixní hodinová sazba
W_{ox}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
Z	[r]	doba životnosti
a_p	[mm]	hloubka záběru
b	[mm]	šířka průřezu
d_m	[mm]	průměr závitu
f	[mm]	strojní posuv
h	[mm]	výška průřezu
k_c	[N.mm ⁻²]	měrný řezný odpor
k_m	[-]	stupeň využití materiálu polotovaru
l_r	[mm]	délka ramene
l_s	[mm]	délka hotové součásti
n	[ot.min ⁻¹]	otáčky
n_p	[ks]	počet přířezů z tyčového materiálu
$p_{zč}$	[mm]	přídavek na zarovnání čela
q_0	[kg]	jednotkové ztráty vzniklé obráběním polotovaru

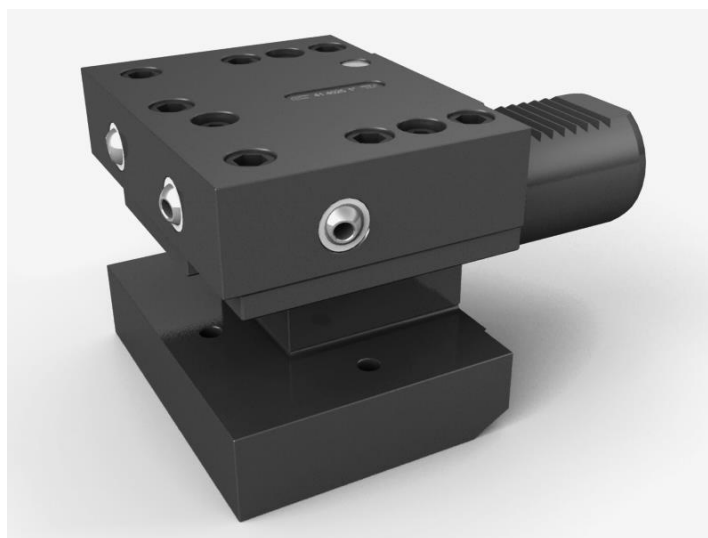
q_k	[kg]	ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče (vztaženo na 1 kus)
q_u	[kg]	ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu
s	[mm]	stoupání
t_{mA}	[min]	jednotkový strojní čas
u	[mm]	délka upíchnutí
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
v_f	[mm.min ⁻¹]	rychlost posuvu
z_m	[kg]	celkové ztráty při výrobě součásti
α	[°]	úhel sklonu síly k profilu závitu
μ	[]	součinitel tření (ocel na oceli).
η	[%]	účinnost přenosu energie
λ	[°]	úhel stoupání
ρ	[kg.m-3]	měrná hustota pro korozivzdornou ocel
σ_o	[MPa]	napětí v průřezu
φ	[°]	třecí úhel

SEZNAM PŘÍLOH

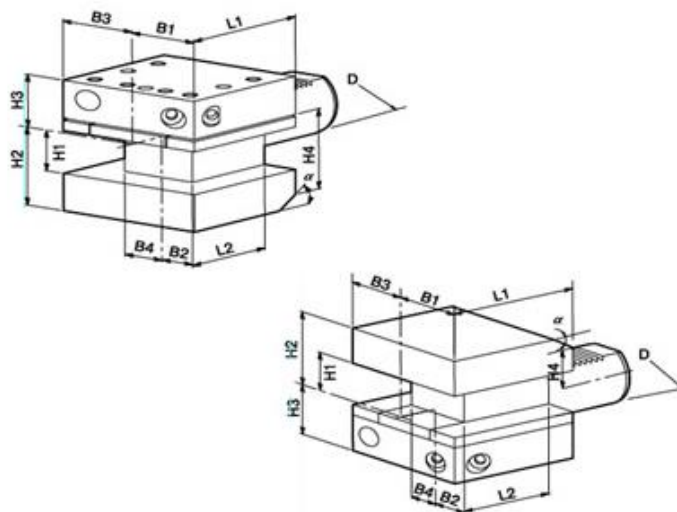
Příloha 1	Seznam použitého nástrojového vybavení
Příloha 2	Technologický postup součásti Zvon
Příloha 3	Technologický postup součásti Šroub
Příloha 4	Technologický postup součásti Rameno
Příloha 5	Technologický postup součásti Klika
Příloha 6	Výrobní program součásti Zvon
Příloha 7	Výrobní program součásti Šroub
Příloha 8	Výrobní program součásti Rameno
Příloha 9	Výrobní program součásti Klika
Příloha 10	Výkres součásti Zvon
Příloha 11	Výkres součásti Šroub
Příloha 12	Výkres součásti Rameno
Příloha 13	Výkres součásti Klika
Příloha 14	3D modely součástí – CD
Příloha 15	Kompletní výrobní programy součástí – CD

PŘÍLOHA 1 – SEZNAM POUŽITÉHO NÁSTROJOVÉHO VYBAVENÍ

Upínač pro vnější nože: **D1 – 40X25**



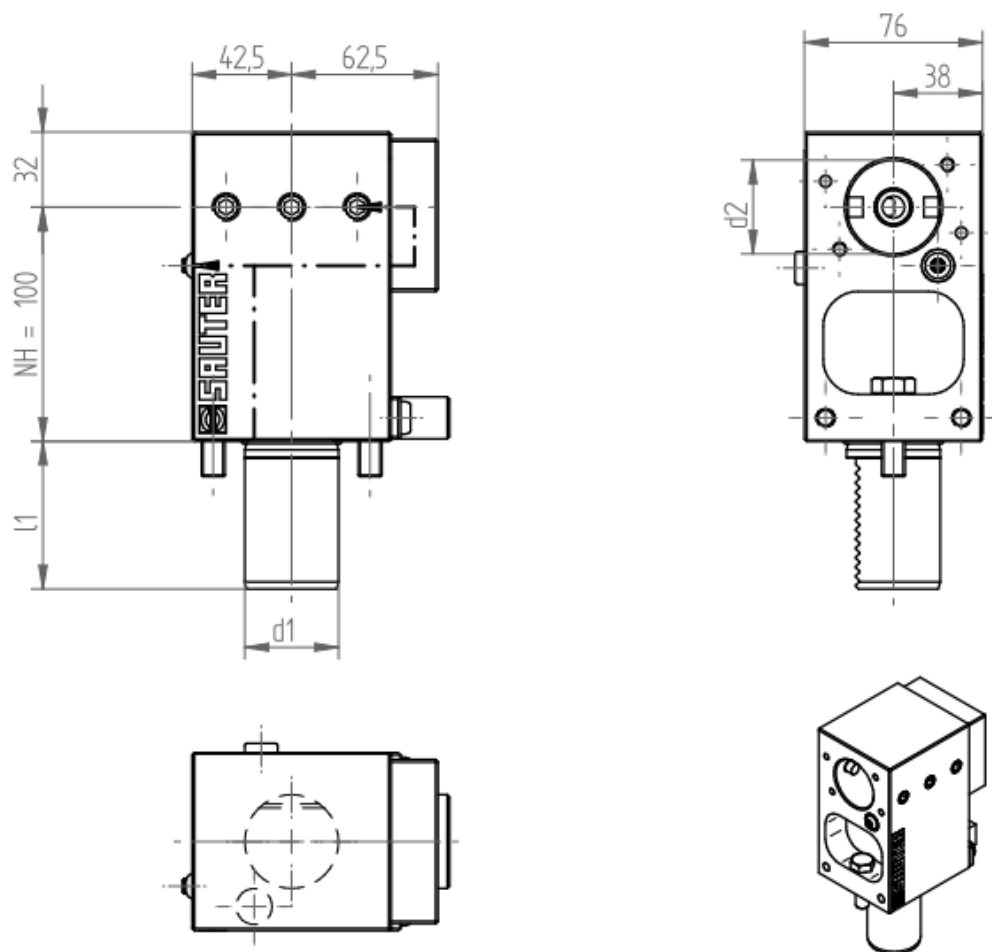
Global CNC. 2014 [online]. 2014 [vid. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.globalcnc.com/41.4025.jpg>



	D	B1	H1	H2	L1	L2	CODE NO.
D1-40x25	40	42.5	25	48	72	50	5006-261

Products. *Wortex* [online]. 2014 [vid. 2014-05-28]. Dostupné z: http://www.wortex-tw.com.tw/products/products_list.php?cid=603

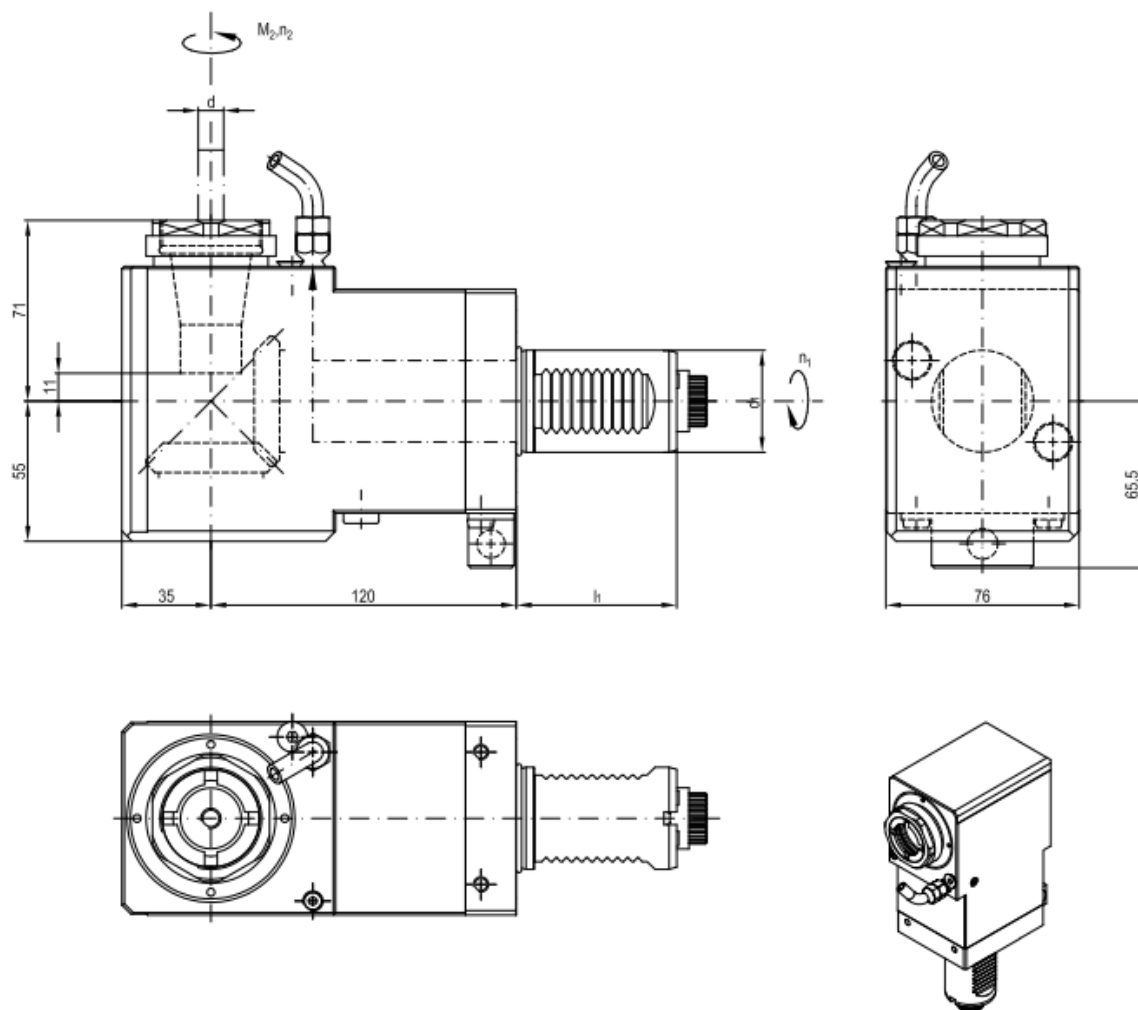
Nástrojový držák pro vnitřní nože, vrtáky a frézy: **Sauter VDI40 112 754**



Schaft shank		Werkzeugaufnahme tool location	Ausführung version	Bestell-Nr. ordering N°
DIN 69880		Aufnahme d2 location d2		
d1 mm	l1 mm			
40	63	Bohrstangenhalter mit Gewindestift-40	links left	112754

Tool details - 112754. *Sauter-tools* [online]. 2014 [vid. 2014-05-28]. Dostupné z:
<http://www.sauter-tools.com/sauterproductadvisor/details.htm?toolId=112754>

Nástrojový držák pro poháněné frézy a vrtáky **Sauter VDI40 105 812**

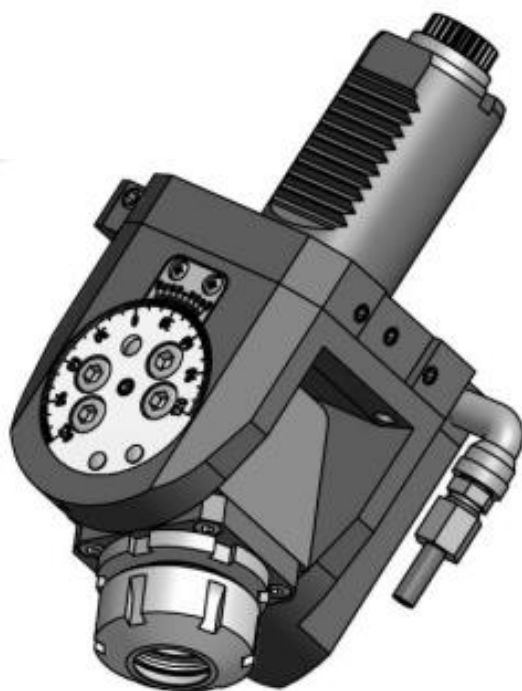


Schaft shank DIN 69880		Drehmoment torque	Drehzahl tool speed	Leistung capacity	Übersetzung gear ratio	Werkzeug-Aufnahme für Spannzange tool location for collets	Kupplung coupling	Ausführung version	Bestell-Nr. ordering N°
d ₁ mm	l ₁ mm	M ₂ max Nm	n ₂ max min ⁻¹	P max kW	i=n ₁ :n ₂	Spannbereich d chucking capacity d	DIN 5480		
40	63	63	4000	10	-1,0	DIN 6499 - 32 - I 2 - 20	W20x0,8 x30x24	universal universal	105812

Tool details - 105812. *Sauter-tools* [online]. 2014 [vid. 2014-05-28]. Dostupné z:
<http://www.sauter-tools.com/sauterproductadvisor/details.htm?toolId=105812>

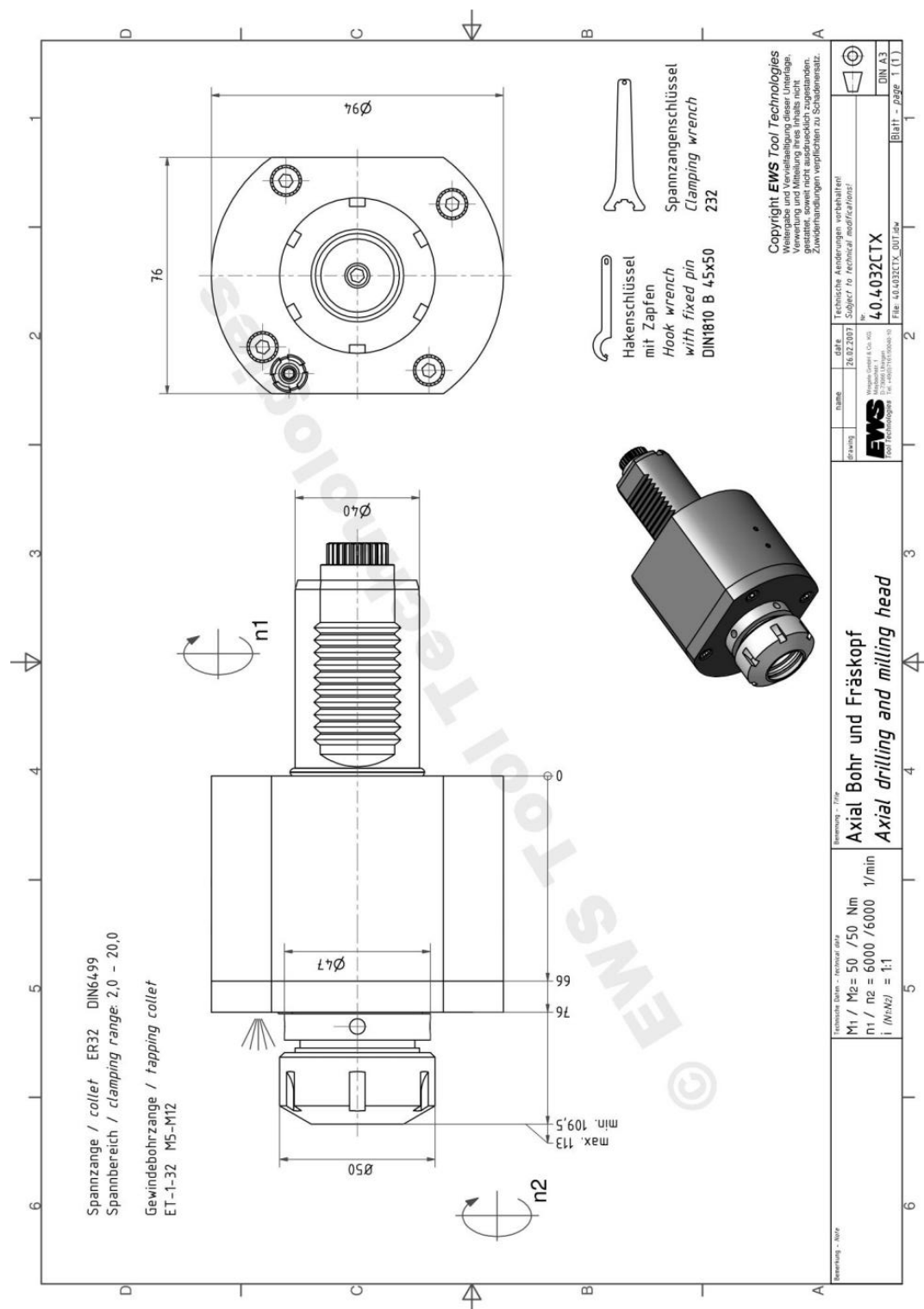
Manuálně nastavitelná vrtací a frézovací hlava **Sauter VDI 40 132 591**

identifikační číslo	132591
nominální výška	120.0 mm
maximální otáčky	4000 ot/min
poměr ozubeného převodu	1.0
verze	levý
podpora	VDI + Sauter Leiste
typ chlazení	vnější
typ vřetene	Angetriebene Einfachspindel
technologie nástrojového příslušenství	collet chuck DIN 6499 - 25 - A



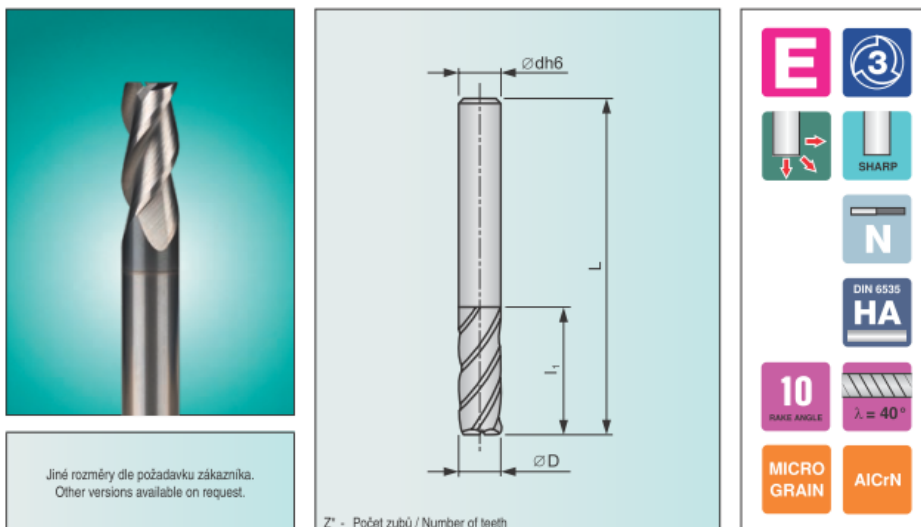
Tool details - 132591. *Sauter-tools* [online]. 2014 [vid. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.sauter-tools.com/sauterproductadvisor/details.htm?toolId=132591>

Axiální vrtací a frézovací hlava EWS 40.4032CTX



404032CTX. EWS-tools [online]. 2014 [vid. 2014-05-28]. Dostupné z: http://www.ews-tools.de/en/online-catalog/czech/machine/moriseiki/nlx2500syvdi40/vdistarturret driventools/axialtoolholder_axialdrillingandmillingheadi11/404032ctx.aspx

Monolitní frézy: **03E3S40-09A03 SUMA;** **18E3S100-38A18 SUMA**

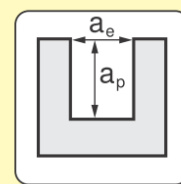
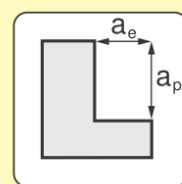


Rozměry nástroje

Značení Marking	Sortiment/Assortment	Rozměry / Dimensions				
		D	Z*	dh6	L	l ₁
01,5E3S40-04,5A04 SUMA	●	1,5	3	4	40	4,5
02E3S40-06,5A04 SUMA	●	2,0	3	4	40	6,5
03E3S40-09A03 SUMA	●	3,0	3	3	40	9,0
04E3S50-12A04 SUMA	●	4,0	3	4	50	12,0
05E3S50-15A05 SUMA	●	5,0	3	5	50	15,0
06E3S50-16A06 SUMA	●	6,0	3	6	50	16,0
08E3S64-20A08 SUMA	●	8,0	3	8	64	20,0
10E3S70-22A10 SUMA	●	10,0	3	10	70	22,0
12E3S75-25A12 SUMA	●	12,0	3	12	75	25,0
14E3S90-32A14 SUMA	●	14,0	3	14	90	32,0
16E3S90-32A16 SUMA	●	16,0	3	16	90	32,0
18E3S100-38A18 SUMA	●	18,0	3	18	100	38,0

Doporučené řezné podmínky pro frézy

<div style="background-color: yellow; padding: 5px; display: inline-block;"> M STAINLESS </div>									
D	Z	v _c	f _z	n	v _f	a _p	a _e	a _p	a _e
3,0	3	50	0,015	5308	239	4,5	1,00	1,5	3,00
4,0	3	50	0,020	3981	239	6,0	1,30	2,0	4,00
5,0	3	50	0,025	3185	239	7,5	1,60	2,5	5,00
6,0	3	50	0,030	2654	239	9,0	2,00	3,0	6,00
8,0	3	50	0,035	1990	209	12,0	2,50	4,0	8,00
10,0	3	50	0,040	1592	191	15,0	3,20	5,0	10,00
12,0	3	50	0,045	1327	179	18,0	3,60	6,0	12,00
16,0	3	50	0,045	995	134	24,0	5,10	8,0	16,00
20,0	3	50	0,045	796	107	30,0	6,40	10,0	20,00

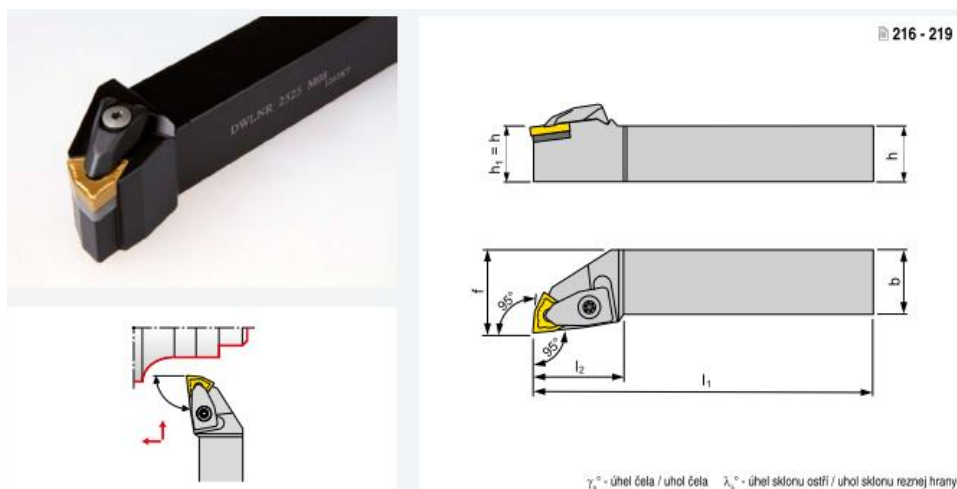


Jednotky: D [mm], v_c [m/min], f_z [mm/zub], n [min⁻¹], v_f [mm.min⁻¹], a_p [mm], a_e [mm]

PRAMET. *Solid end mills* [online]. 2014 [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: www.pramet.com/download.php?id=91

Nůž: **DWLNR/L 2525 M08**

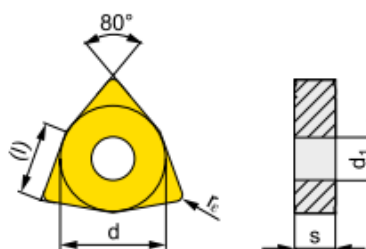
VBD: **WNMG 080412E-RM [33]**



Rozměry nože DWLNR/L 2525 M08

ISO	Rozměry [mm]				
	$h=h_1$	b	f	l_1	l_2
DWLNR/L 2525 M08	20	20	25	125	35

WNMG



Posuv na otáčku: $f = 0,25 - 0,7 \text{ mm/ot}$

Hloubka řezu: $a_p = 1,5 - 5 \text{ mm}$

Rádus špičky: $r_\epsilon = 1,2 \text{ mm}$

Materiál VBD: 9235

Rozměry VBD WNMG 080412E-RM

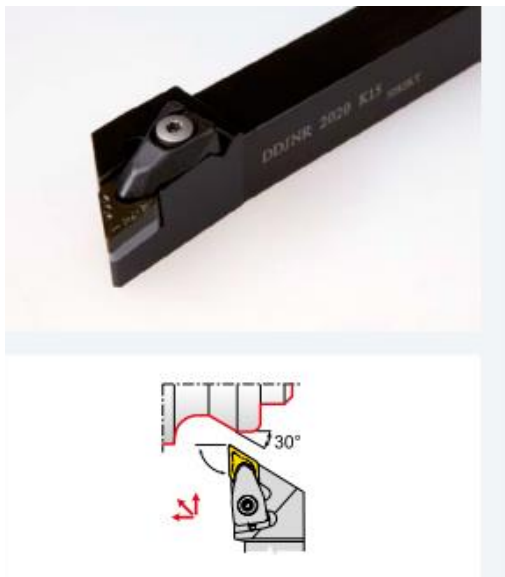
VBD	Rozměry [mm]			
	(l)	d	d_1	s
WNMG 080412E-RM	8,7	12,7	5,16	4,76

PRAMET. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z:

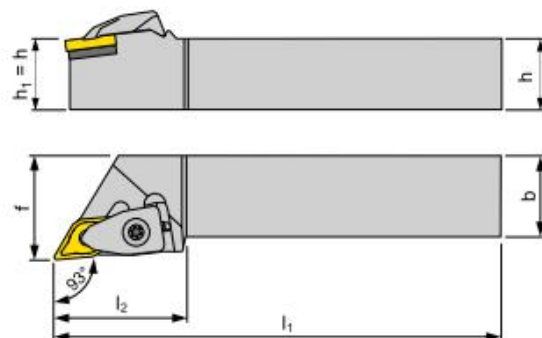
<http://www.pramet.com/download.php?id=574>

Nůž: **DDJNR/L 2525 M11**

VBD: **DNMG 110404E-NM**



176 - 179

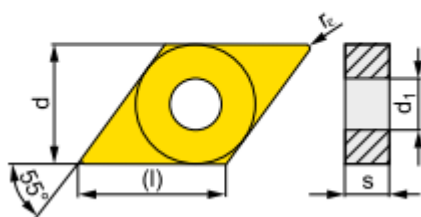


γ_s° - úhel čela / uhol čela λ_s° - úhel sklonu ostří / uhol sklonu reznej hrany

Rozměry nože DDJNR/L 2525 M11

ISO	Rozměry [mm]				
	$h=h_1$	b	f	l_1	l_2
DDJNR/L 2525 M11	25	25	32	150	35

DNMG



Posuv na otáčku: $f = 0,15 - 0,24 \text{ mm/ot}$

Hloubka řezu: $a_p = 0,5 - 3 \text{ mm}$

Rádus špičky: $r_e = 0,4 \text{ mm}$

Materiál VBD: 9235

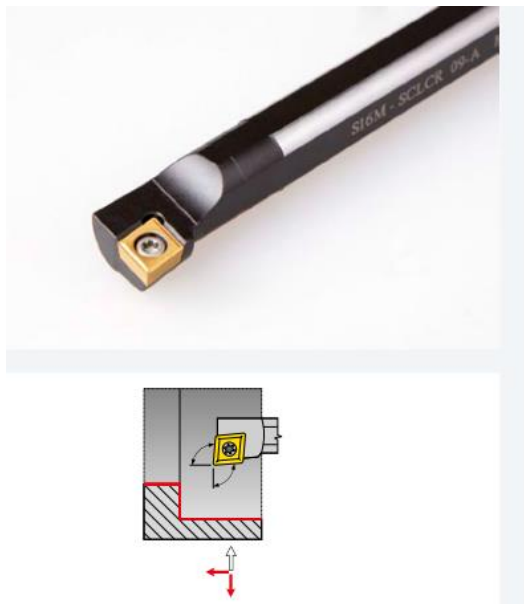
Rozměry VBD DNMG 110404E-NM

VBD	Rozměry [mm]			
	(l)	d	d_1	s
DNMG 110404E-NM	11,6	9,525	3,81	4,76

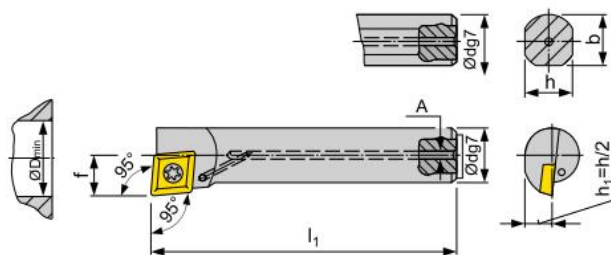
PRAMET. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z:
<http://www.pramet.com/download.php?id=574>

Nůž: **A10H SCLCR/L 06**

VBD: **CCMT 060208E-UR**



166 - 168, 232

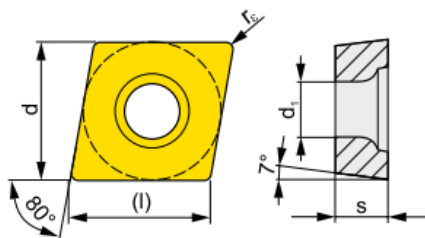


γ_o° - úhel čela / uhol čela λ_o° - úhel sklonu ostří / uhol sklonu reznej hrany

Rozměry nože A10H SCLCR/L 06

ISO	Rozměry [mm]				
	dg7	f	l_1	h	D_{min}
A10H SCLCR/L 06	10	7	100	9	13

CCMT



Posuv na otáčku: $f = 0,08 - 0,5 \text{ mm/ot}$

Hloubka řezu: $a_p = 0,8 - 2 \text{ mm}$

Rádus špičky: $r_\epsilon = 0,8 \text{ mm}$

Materiál VBD: 9235

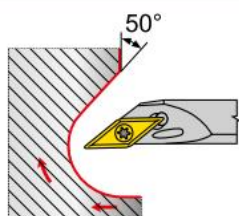
Rozměry VBD CCMT 060208E-UR

VBD	Rozměry [mm]			
	(l)	d	d_1	s
CCMT 060208E-UR	6,4	6,35	2,9	2,38

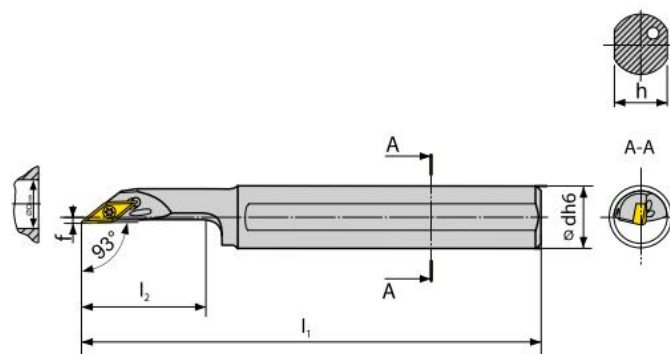
PRAMET. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z:
<http://www.pramet.com/download.php?id=574>

Nůž: **A20R SVJBR 11**

VBD: **VCMT 110304E-UM**



208 - 209, 211

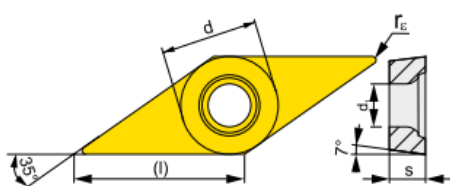


γ_o° - úhel čela / uhol čela λ_s° - úhel sklonu ostří / uhol sklonu reznej hrany

Rozměry nože A20R SVJBR/L 11

ISO	Rozměry [mm]				
	dh6	h	f	l_1	l_2
A20R SVJBR/L 11	20	18	2	200	40

VCMT



Posuv na otáčku: $f = 0,08 - 0,2 \text{ mm/ot}$

Hloubka řezu: $a_p = 0,5 - 2,8 \text{ mm}$

Rádus špičky: $r_\epsilon = 0,4 \text{ mm}$

Materiál VBD: 8030

Rozměry VBD VCMT 110304E-UR

VBD	Rozměry [mm]			
	(l)	d	d_1	s
VCMT 110304E-UM	11,1	6,35	2,9	3,18

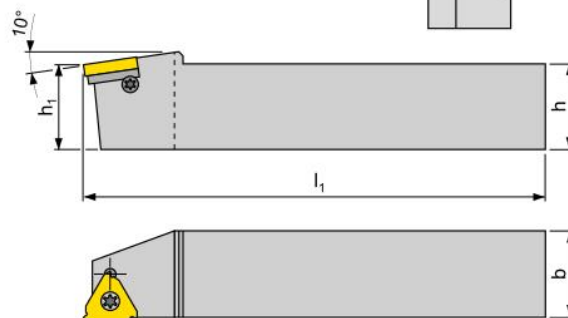
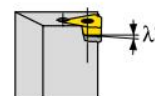
PRAMET. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z:
<http://www.pramet.com/download.php?id=574>

Nůž: **SEL 2525 M16**

VBD: **TN 16EL 200M**



Úhel λ je volitelný v rozmezí $-1,5^\circ + 4,5^\circ$ pomocí výměnných podložek.
Seznam podložek je uveden v technické části na straně 355
Úhel λ je volitelný v rozmezí $-1,5^\circ + 4,5^\circ$ pomocí výměnných podložek.
Zoznam podložiek je uvedený v technickej časti na strane 355



Rozměry nože SER/L 2525 M16

ISO	Rozměry [mm]		
	$h=h_1$	b	l_1
SER/L 2525 M16	25	25	150

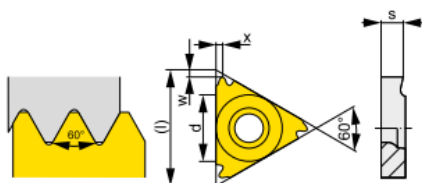
METRICKÝ 60° ISO 965/1-1980

PLNÝ PROFIL

VNĚJŠÍ / VONKAJŠÍ

Materiál VBD:

8030



Rozměry VBD TN 16ER/L 200M

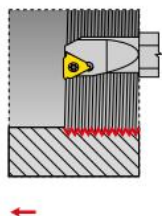
VBD	Rozměry [mm]					
	(l)	d	s	x	w	stoupání
TN 16ER/L 200M	16,5	9,525	3,47	1,4	1,3	2

PRAMET. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z:

<http://www.pramet.com/download.php?id=574>

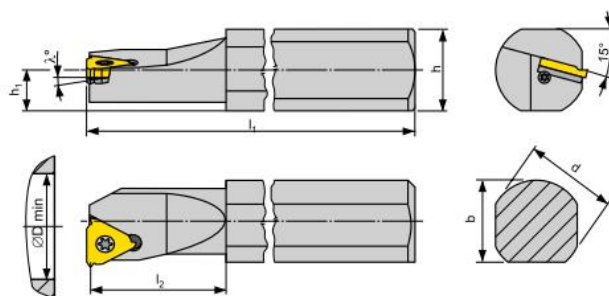
Nůž: **SIR 1416 N16-2**

VBD: **TN 16NR 200M**



250, 252, 258, 261, 264 - 265, 276 - 277, 279 - 281

Úhel λ je volitelný v rozmezí $-1,5^\circ \div +4,5^\circ$ pomocí výměnných podložek.
Seznam podložek je uveden v technické části na straně 355
Úhol λ je voliteľný v rozmedzí $-1,5^\circ \div +4,5^\circ$ pomocou výmenných podložiek.
Zoznam podložiek je uvedený v technickej časti na strane 355



Rozměry nože SIR/L 1416 N16-2

ISO	Rozměry [mm]						
	b	d	D _{min}	h	h ₁	l ₁	l ₂
SIR/L 1416 N16-2	14	16	16,5	14,5	7,5	160	40

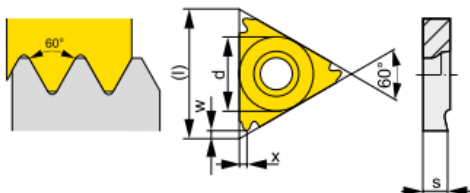
METRICKÝ 60° ISO 965/1-1980

PLNÝ PROFIL

VNITŘNÍ / VNÚTORNÝ

Materiál VBD:

8030



Rozměry VBD TN 16NR/L 200M

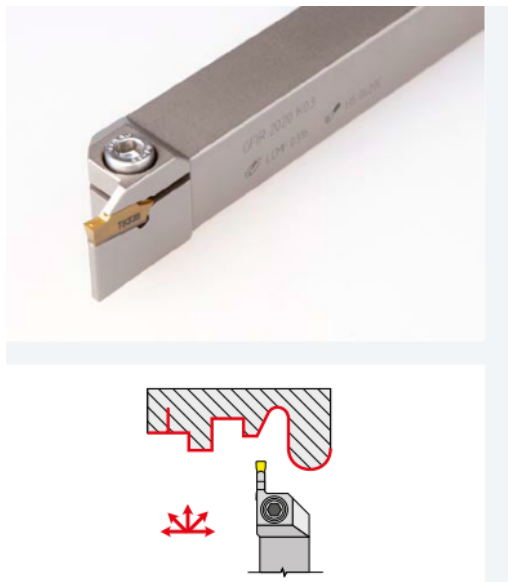
VBD	Rozměry [mm]					
	(l)	d	s	x	w	stoupání
TN 16NR/L 200M	16,5	9,525	3,47	1,4	1,3	2

PRAMET. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z:

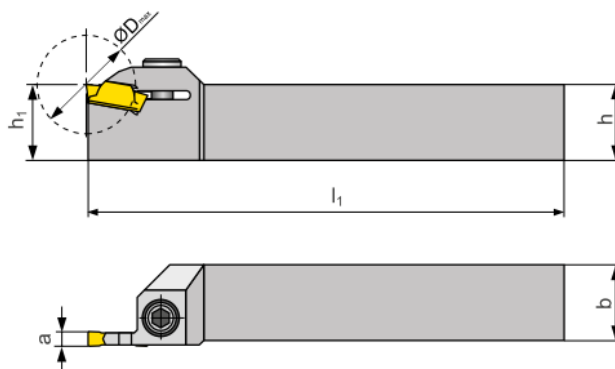
<http://www.pramet.com/download.php?id=574>

Nůž: **GFKR/L 2525 M 02**

VBD: **LCMF 022002-M2**



242 - 244, 246



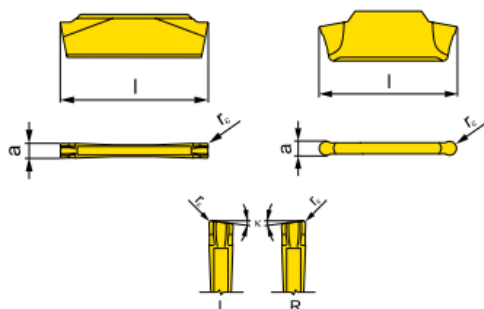
Rozměry nože GFKR/L 2525 M 02; 3025

ISO	Rozměry [mm]				
	$h=h_1$	b	l_1	a	D_{min}
A20R SVJBR/L 11	25	25	150	2	32

LCMF 20

F1, M2

MP



Posuv na otáčku: $f = 0,08 - 0,2 \text{ mm/ot}$

Hloubka řezu: $a_p = 0,2 - 2 \text{ mm}$

Rádus špičky: $r_e = 0,2 \text{ mm}$

Materiál VBD: 3025

Rozměry VBD LCMF 022002-M2

VBD	Rozměry [mm]		
	a	tol. a	l
LCMF 022002-M2	2	$\pm 0,03$	19,5

PRAMET. *Turning* [online]. 2014 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z:
<http://www.pramet.com/download.php?id=574>


Vrtáky

303DA-3,0-14-A06-M


303DA-16,0-45-A16-M

TYP 303DA-M


MONOLITNÍ VRTÁKY
MONOLITNÉ VRTÁKY




3D




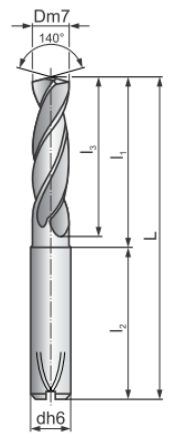
DIN 6535
HA




D









Jiné rozměry dle požadavku zákazníka / Iné rozmery sú dostupné na požiadanie



Doporučené použití / Odporúčané použitie



Možné použití (více str. 58) / Možné použitie (viac na str. 58)



Nedoporučuje se / Neodporúča sa

Tab. Doporučené řezné podmínky pro austenitickou korozivzdornou ocel.

Skupina obr. materiálu Skupina obrábaných materiálů		V _c [m.min ⁻¹]	Posuv f [mm.ot ⁻¹] / Posuv f [mm.ot ⁻¹]							
			Ø 3	Ø 4	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 16	Ø 20
M3	■	55	0.07	0.08	0.10	0.12	0.15	0.17	0.22	0.26

Tab. Rozměry vrtáků 303DA-3,0-14-A06-M a 303DA-16,0-45-A16-M

ISO	Rozměry [mm]						
	Dm7	h	L	l ₁	l ₂	l ₃	dh6
303DA-3,0-14-A06-M	3,0	14	62	26	36	20	6
303DA-16,0-45-A16-M	16,0	45	115	67	48	65	16

PRAMET. *Hole making* [online]. 2014 [vid. 2014-04-26]. Dostupné z:
www.pramet.com/download.php?id=604

PŘÍLOHA 2 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI ZVON

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Zvon	Číslo výkresu: DP-MK-A3-1	Počet listů: 1/3
Dne: 24.4.2014	Vyhotožil: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovár: ø 75 x 105	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 3,81 kg Hmotnost čistá: 0,594 kg
Číslo operace:	Stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce:			Výrobní pomůcky, řezné podmínky:	Strojní čas t_{AS} [mm:ss]
00/00	Pásová pila (kooperace)	Dělrna	Dělit tyč o průměru 75 mm na délku 105 mm v toleranci $\pm 0,5$ mm. Kontrolovat rozměry prvních třech kusů a pak každého pátého kusu.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238 Tyč o ø 75 mm ČSN 10088-1 1.4301 délka tyče 3 m. Pilový pás pro řezání korozivzdorné ocele.	01:30
01/01	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobná	Upnout polotovár za ø 75 mm do protivřetene, délka vysunutí 60 mm.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238	
02/02	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobná	Spustit program NC program název Zvon. Vrtat středovou díru do hloubky $25,5 \pm_{0,1}^0$ mm.			Upínací adaptér: Sauter VDI40 112 754 Vrták: 303DA-16,0-45-A16-M $v_c = 55 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,22 \text{ mm.ot}^{-1}$	00:10
03/03	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobná	Rozšířit průměr otvoru na ø 43 mm.			Nožový držák: Sauter VDI40 112 754 Nůž: A10H SCLCR 06 VBD: CCMT 060208E-UR $v_c = 110 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,3 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 1,8 \text{ mm}$	01:13
04/04	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobná	Vnitřně soustružit odlehčení na základně obrobku, dle výkresu do hloubky 1,5 mm.			Nožový držák: Sauter VDI40 112 754 Nůž: A20R SVJBR 11 VBD: VCMT 110304E-UM $v_c = 80 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,15 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 1,3 \text{ mm}$	00:14

PŘÍLOHA 2 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI ZVON

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Zvon	Číslo výkresu: DP-MK-A3-1	Počet listů: 2/3
Dne: 24.4.2014	Vyhotožil: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovar: ø 75 x 105	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 3,81 kg Hmotnost čistá: 0,594 kg
Číslo operace:	Stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce:			Výrobní pomůcky, řezné podmínky:	Strojní čas t_{AS} [mm:ss]
05/05	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Upnutí polotovaru do hlavního vřetene, dle programu				
06/06	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Srazit čelo a hrubovat vnější konturu dle výkresu s přídavkem 0,5 mm pro obrábění na čisto.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: DWLNL 2525 M08 VBD: WNMG 080412E-RM $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 4 \text{ mm}$	01:18
07/07	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Dokončit vnější konturu dle výkresu.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: DDJNL 2525 M11 VBD: DNMG 110404E-NM $v_c = 145 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 1 \text{ mm}$	00:30
08/08	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Zafixovat osu C a frézovat otvor pro ořech dle výkresu.			Nožový držák: Sauter VDI 40 132 591 Monolitní fréza: 18E3S100-38A18 SUMA $v_c = 50 \text{ m.min}^{-1}$; zavrtávání: $f_z = 0,015 \text{ mm/zub}$; $a_p = 9 \text{ mm}$; $a_e = 18 \text{ mm}$; boční frézování: $f_z = 0,045 \text{ mm/zub}$; $a_p = 26 \text{ mm}$; $a_e = 5,8 \text{ mm}$	06:02
09/09	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Vrtat středovou díru do hloubky 35 mm.			Upínací adaptér: Sauter VDI40 112 754 Vrták: 303DA-16,0-45-A16-M $v_c = 55 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,22 \text{ mm.ot}^{-1}$	00:11

PŘÍLOHA 2 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI ZVON

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Zvon	Číslo výkresu: DP-MK-A3-1	Počet listů: 3/3
Dne: 24.4.2014	Vyhotožil: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovar: ø 75 x 105	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 3,81 kg Hmotnost čistá: 0,594 kg
Číslo operace:	Stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce:			Výrobní pomůcky, řezné podmínky:	Strojní čas t_{AS} [mm:ss]
010/010	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Rozšířit díru vnitřním soustružením na průměr 18 mm.			Nožový držák: Sauter VDI40 112 754 Nůž: A10H SCLCL 06 VBD: CCMT 060208E-UR $v_c = 110 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,3 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 1 \text{ mm}$	00:07
011/011	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Soustružit vnitřní závit M20x2(2) dle výkresu, do hloubky 34 mm.			Nožový držák: Sauter VDI40 112 754 Nůž: SIL 1416 N16-2 VBD: TN 16NL 200M $v_c = 130 \text{ m.min}^{-1}$	00:15
012/012	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Vytvořit rádius R2 u základny obrobku a upíchnout. Případně odstranit vzniklé otřezy.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: GFKL 2525 M02 VBD: LCMF 022002-M2 $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,15 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 2 \text{ mm}$	00:55
013/013		OTK	Kontrola rozměrů dle výkresu.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238	

PŘÍLOHA 3 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI ŠROUB

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Šroub	Číslo výkresu: DP-MK-A4-2	Počet listů: 1/2
Dne: 24.4.2014	Vyhotoval: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovar: ø 32 x 110	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 0,69 kg Hmotnost čistá: 0,161 kg
číslo operace:	Stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce:			Výrobní pomůcky, řezné podmínky čas na operaci:	Strojní čas t_{AS} [mm:ss]
00/00	Pásová pila (kooperace)	Dělrna	Dělit polotovar o průměru 32 mm na délku 110 mm v toleranci $\pm 0,5$ mm. Kontrolovat rozměry prvních třech kusů a pak každého pátého kusu.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238 Tyč o ø 32 mm ČSN 10088-1 1.4301, délka tyče je 3 m. Pilový pás pro řezání korozivzdorné ocele.	00:40
01/01	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Upnout polotovar za ø 32 mm, délka vysunutí 91 mm.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238	
02/02	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Spustit program NC program název Sroub. Srazit čelo a hrubovat vnější konturu obrobku.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: DWLNL 2525 M08 VBD: WNMG 080412E-RM $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,4 \text{ mm.ot}$; $a_p = 4 \text{ mm}$	0:44
03/03	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Dokončit vnější konturu dle výkresu, vytvoření zápichu.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: DDJNL 2525 M11 VBD: DNMG 110404E-NM $v_c = 145 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 1 \text{ mm}$	0:20
04/04	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Soustružit vnější závit M20x4(2) dle výkresu.			Nožový držák: Sauter VDI40 112 754 Nůž: SEL 2525 M16 VBD: TN 16EL 200M $v_c = 130 \text{ m.min}^{-1}$	0:16

PŘÍLOHA 3 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI ŠROUB

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Šroub	Číslo výkresu: DP-MK-A4-2	Počet listů: 2/2
Dne: 24.4.2014	Vyhotoval: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovar: ø 32 x 110	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 0,69 kg Hmotnost čistá: 0,161 kg
číslo operace:	Stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce:			Výrobní pomůcky, řezné podmínky čas na operaci:	Strojní čas t_{AS} [mm:ss]
05/05	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Upnout zároveň do měkkých kleštín protivřetene za průměr 14 mm a spustit synchronně otáčky.				00:09
06/06	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Soustružit zápich a upíchnout. Následně odjet od hlavního vřetene.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: GFKL 2525 M02 VBD: LCMF 022002-M2 $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,15 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 2 \text{ mm}$	02:13 (odjetí 00:07)
07/07	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Zafixovat osu C a vrtat průchozí díru o průměru 3 mm dle výkresu.			Upínací adaptér: EWS 40.4032CTX Vrták: 303DA-3,0-14-A06-M $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,06 \text{ mm.ot}^{-1}$	00:10
08/08	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Frézovat drážku o šířce 4 mm do hloubky 12 mm dle výkresu.			Nožový držák: Sauter VDI 40 105 812 Monolitní fréza: 03E3S40-09A03 SUMA $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f_z = 0,015 \text{ mm/zub}$; $a_p = 1,5 \text{ mm}$; $a_e = 3 \text{ mm}$	05:14
09/09		OTK	Kontrola rozměrů dle výkresu.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238 Kalibr pro díry M3-H7	

PŘÍLOHA 4 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI RAMENO

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Rameno	Číslo výkresu: DP-MK-A4-3	Počet listů: 1/2
Dne: 24.4.2014	Vyhotožil: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovár: ø 12 x 70	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 0,06 kg Hmotnost čistá: 0,046 kg
Číslo operace	Stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce			Výrobní pomůcky, řezné podmínky, čas na operaci:	Strojní čas t _{AS} [mm:ss]
00/00	Pásová pila (kooperace)	Dělrna	Dělit polotovár o průměru 12 mm na délku 70 mm v toleranci ± 0,5 mm. Kontrolovat rozměry prvních třech kusů a pak každého pátého kusu.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238. Tyč o ø 12 mm ČSN 10088-1 1.4301, délka tyče je 3 m. Pilový pás pro řezání korozivzdorné ocele.	00:25
01/01	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Upnout do měkkých čelistí polotovár za ø 12 mm do pravého sklíčidla, délka vysunutí 35 mm.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238	
02/02	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Spustit program NC program název Rameno. Zafixovat osu C frézovat protikus pro drážku do hloubky dle výkresu. Otočení osy C o 180° a frézovat z druhé strany.			Nožový držák: Sauter VDI 40 132 591 Monolitní fréza: 18E3S100-38A18 SUMA v _c = 50 m.min ⁻¹ ; zavrtávání: f _z = 0,015 mm/zub; a _p = 9 mm; a _e = 18 mm; boční frézování: f _z = 0,045 mm/zub; a _p = 26 mm; a _e = 5,8 mm	00:36
03/03	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Frézovat zaoblení o průměru 12 mm dle výkresu.			Nožový držák: Sauter VDI 40 132 591 Monolitní fréza: 18E3S100-38A18 SUMA v _c = 50 m.min ⁻¹ ; zavrtávání: f _z = 0,015 mm/zub; a _p = 9 mm; a _e = 18 mm; boční frézování: f _z = 0,045 mm/zub; a _p = 26 mm; a _e = 5,8 mm	00:30

PŘÍLOHA 4 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI RAMENO

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Rameno	Číslo výkresu: DP-MK-A4-3	Počet listů: 2/2
Dne: 24.4.2014	Vyhotožil: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovar: $\varnothing 12 \times 70$	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 0,06 kg Hmotnost čistá: 0,046 kg
Číslo operace	Stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce			Výrobní pomůcky, řezné podmínky, čas na operaci:	Strojní čas t_{AS} [mm:ss]
04/04	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Vrtat průchozí díru o průměru 3 mm dle výkresu.			Upínací adaptér: EWS 40.4032CTX Vrták: 303DA-3,0-14-A06-M $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f = 0,06 \text{ mm.ot}^{-1}$	00:05
05/05	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Otočit a upnout do měkkých čelistí polotovar za $\varnothing 12 \text{ mm}$ do pravého sklíčidla, délka vysunutí 35 mm.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238	
06/06	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Spustit program NC program název Rameno. Zafixovat osu C frézovat protikus pro drážku do hloubky dle výkresu. Otočení osy C o 180° a frézovat z druhé strany.			Nožový držák: Sauter VDI 40 132 591 Monolitní fréza: 18E3S100-38A18 SUMA $v_c = 50 \text{ m.min}^{-1}$; zavrtávání: $f_z = 0,015 \text{ mm/zub}$; $a_p = 9 \text{ mm}$; $a_e = 18 \text{ mm}$; boční frézování: $f_z = 0,045 \text{ mm/zub}$; $a_p = 26 \text{ mm}$; $a_e = 5,8 \text{ mm}$	00:36
07/07	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Vrtat průchozí díru o průměru 3 mm dle výkresu.			Upínací adaptér: EWS 40.4032CTX Vrták: 303DA-3,0-14-A06-M $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f = 0,06 \text{ mm.ot}^{-1}$	00:05
08/08		OTK	Kontrola rozměrů dle výkresu.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238 Kalibr pro díry M3-H7	






PŘÍLOHA 5 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI KLIKA






















TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Klika	Číslo výkresu: DP-MK-A4-4	Počet listů: 1/2
Dne: 24.4.2014	Vyhotoval: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovary: ø 26 x 60	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 0,25 kg Hmotnost čistá: 0,066 kg
číslo operace:	stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce:			Výrobní pomůcky, řezné podmínky čas na operaci:	Strojní čas t_{AS} [mm:ss]
00/00	Pásová pila (kooperace)	Dělrna	Dělit polotovary o průměru 26 mm na délku 60 mm v toleranci $\pm 0,5$ mm. Kontrolovat rozměry prvních třech kusů a pak každého pátého kusu.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238. Tyč o ø 26 mm ČSN 10088-1 1.4301, délka tyče je 3 m. Pilový pás pro řezání korozivzdorné ocele.	00:30
01/01	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobná	Upnout polotovary za ø 26 mm do vedlejšího vřetene, délka vysunutí 47 mm.			Posuvné měřítko ČSN 25 1238	
02/02	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobná	Spustit program NC program název Klika. Srazit čelo a hrubovat vnější konturu obrobku.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: DWLNR 2525 M08 VBD: WNMG 080412E-RM $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,3 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 4 \text{ mm}$	00:43
03/03	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobná	Dokončit vnější konturu dle výkresu.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: DDJNR 2525 M11 VBD: DNMG 110404E-NM $v_c = 145 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 1 \text{ mm}$	00:08
04/04	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobná	Zafixovat osu C a vrtat průchozí díru o průměru 3 mm dle výkresu.			Upínací adaptér: EWS 40.4032CTX Vrták: 303DA-3,0-14-A06-M $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,06 \text{ mm.ot}^{-1}$	00:09

PŘÍLOHA 5 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP SOUČÁSTI KLIKA


TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název celku: Louskáček na ořechy		Název součástky: Klika	Číslo výkresu: DP-MK-A4-4:	Počet listů: 2
Dne: 24.4.2014	Vyhotožil: Bc. Miroslav Kundela		Kontroloval:	Schválil:	Polotovár: $\varnothing 26 \times 60$	Materiál: ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10	Hmotnost hrubá: 0,25 kg Hmotnost čistá: 0,066 kg
Číslo operace	Stroj/třídící číslo:	Pracoviště:	Popis práce			Výrobní pomůcky, řezné podmínky, čas na operaci:	Strojní čas t_{AS} [mm:ss]
05/05	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Frézovat drážku o šířce 4 mm do hloubky 12 mm dle výkresu.			Nožový držák: Sauter VDI 40 105 812 Monolitní fréza: 04E3S50-12A04 SUMA $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f_z = 0,015 \text{ mm/zub}$; $a_p = 1,5 \text{ mm}$; $a_e = 3 \text{ mm}$	05:14
06/06	Soustružnické centrum SP 280 SY / 04423	Obrobna	Vytvořit rádius R5 u základny obrobku a upíchnout.			Nožový držák: D1 – 40X25 Nůž: GFKR 2525 M02 VBD: LCMF 022002-M2 $v_c = 35 \text{ m.min}^{-1}$; $f_n = 0,15 \text{ mm.ot}^{-1}$; $a_p = 2 \text{ mm}$	00:27
07/07		OTK	Kontrola rozměrů dle výkresu			Posuvné měřítko ČSN 25 1238 Kalibr pro díry M3-H7	

PŘÍLOHA 6 – VÝROBNÍ PROGRAM SOUČÁSTI ZVON












PROGRAM		
ZVON1		
P	N5 ZVON1	Work offs 1 G54
	N10 Drilling centric	T=VRTÁK16 F0.22/rev V55M Z0=0
	N15 Finished part:	ZVON1KONTURA
	N20 Stock removal ▽	T=HRUBOVACÍ vnitr F0.3/rev V110M
	N25 Finished part:	ZVON1KONTURA2
	N30 Stock removal ▽	T=HLADICÍ vnitr F0.15/rev V80M
END	End of program	N=1


PROGRAM		
ZVON2		
P	N5 ZVON2	Work offs 1 G54
T	N10 T=HRUBOVACÍ NŮŽ V4=120m	
→	N15 RAPID X77 Z3	
→	N20 F0.4/rev X75 Z0	
→	N25 F0.4/rev X-2.5	
→	N30 F0.4/rev Z2	
→	N35 RAPID X180 Z400	
	N40 Blank:	ZVONPOLOTOVAR
	N45 Finished part:	ZVON2KONTURA
	N50 Stock removal ▽	T=HRUBOVACÍ NŮŽ F0.4/rev V120M
	N55 Stock removal ▽▽▽	T=HLADICÍ NŮŽ F0.2/rev V145M
	N60 Circ. pocket ▽	T=FRÉZA18 F0.045/t V50M X1=-10 ø39
	N65 001: Positions	X0=30 C0=0 Y0=0 Z0=-50
	N70 Retract/Approach	RAPID X1=0
	N75 Circ. pocket ▽	T=FRÉZA18 F0.045/t V50M X1=-2inc ø37
	N80 002: Positions	X0=-10 C0=0 Y0=0 Z0=-50
	N85 Retract/Approach	RAPID X1=0
	N90 Circ. pocket ▽	T=FRÉZA18 F0.045/t V50M X1=-2inc ø34
	N95 003: Positions	X0=-12 C0=0 Y0=0 Z0=-50
	N100 Retract/Approach	RAPID X1=0
	N105 Circ. pocket ▽	T=FRÉZA18 F0.045/t V50M X1=-2inc ø30
	N110 004: Positions	X0=-14 C0=0 Y0=0 Z0=-50
	N115 Retract/Approach	RAPID X1=0
	N120 Circ. pocket ▽	T=FRÉZA18 F0.045/t V50M C0=0 Y0=0
	N125 Retract/Approach	RAPID X1=0
	N130 Circ. pocket ▽	T=FRÉZA18 F0.045/t V50M C0=0 Y0=0
	N135 Retract/Approach	RAPID X1=0
	N140 Drilling centric	T=VRTÁK16 F0.22/rev V55M Z0=0
T	N145 T=HRUBOVACÍ vnitr V4=110m	
→	N150 RAPID X18 Z3	
→	N155 F0.3/rev Z-33	
→	N160 F0.3/rev X16 Z-32	

PŘÍLOHA 6 – VÝROBNÍ PROGRAM SOUČÁSTI ZVON



→	N165	RAPID Z4	
→	N170	RAPID X180 Z400	
T	N175	T=ZÁVITOVÝ vnitr S4=130U	
↵	N180	Retract/Approach	RAPID X1=18 Z1=5
↵	N185	Retract/Approach	RAPID X1=18 Z1=-33
🌀	N190	Thread long. ▽+▽▽▽	T=ZÁVITOVÝ vnitr P2mm V130m Insid
↵	N195	Retract/Approach	RAPID X1=18 Z1=3
🌀	N200	Cutoff	T=UPICH_NUZ F0.15/rev V35M R1 X0=70
END		End of program	N=1 

PŘÍLOHA 7 – VÝROBNÍ PROGRAM SOUČÁSTI ŠROUB









PROGRAM			
SROUB1			
P	N5	SROUB1	Work offs 1 G54
T	N10	T=HRUBOVACÍ NŮŽ V4=120m	
→	N15	RAPID X33 Z3	
→	N20	F0.4/rev X32 Z0	
→	N25	F0.4/rev X-2.5	
→	N30	F0.4/rev Z2	
→	N35	X180 Z400	
	N40	Finished part:	SROUB-KONTURA
	N45	Stock removal ▽	T=HRUBOVACÍ NŮŽ F0.4/rev V120M
	N50	Stock removal ▽▽▽	T=HLADICÍ NŮŽ F0.2/rev V145M
	N55	Undercut thrd ▽+▽▽▽	T=HLADICÍ NŮŽ F0.2/rev V145M X0=20
	N60	Thread long. ▽+▽▽▽	T=ZÁVITOVÝ NŮŽ P2mm V130m Outs X0=20
	N65	Counterspindle	Grip
	N70	Grooving ▽+▽▽▽	T=UPICH_NUZ F0.15/rev V35M X0=28
	N75	Cutoff	T=UPICH_NUZ F0.15/rev V35M R1 X0=28
	N80	Counterspindle	Draw Work offs 4 G57 Z1=200
	N85	Deep hole dr. ⚙	T=VRTÁK3 F0.06/rev V35M X1=-13
	N90	001: Positions ⚙	X0=13 C0=0 Y0=0 Z0=-78
END		End of program	N=1

PROGRAM			
SROUB2			
P	N5	SROUB2	Work offs Basic ref. G500
	N10	Open slot ▽ ⚙	T=FREZA_3 F0.015/t V35M X0=0 Y0=0
END		End of program	N=1

PŘÍLOHA 8 – VÝROBNÍ PROGRAM SOUČÁSTI RAMENO

RAMENO			
P	N5	RAMENO	Work offs 1 G54
G	N10	M14	
G	N15	G0 G90 CA1=0. ;#SM;*R0*	
T	N20	Face Y	T=FRÉZA18 V4=50M
→	N25	RAPID X2 Z-3 Y-16	
→	N30	F0.045/rev Y16	
→	N35	RAPID X40	
G	N40	G0 G90 CA1=180. ;#SM;*R0*	
→	N45	RAPID X2 Z-3 Y-16	
→	N50	F0.045/rev Y16	
→	N55	F0.045/rev X-6 Z-6 Y15	
↷	N60	F0.045/rev Q X0inc Y-30inc I0inc J-15inc	
→	N65	RAPID X150 Z200	
	N70	Deep hole dr.	T=VRTÁK3 F0.06/rev V35M X1=-6inc
	N75	001: Positions	X0=4 C0=0 Y0=0 Z0=-6
END		End of program	N=1

PŘÍLOHA 9 – VÝROBNÍ PROGRAM SOUČÁSTI KLIKA

PROGRAM		
KLIKA		
P	N5 KLIKA	Work offs Basic ref. G500 
T	N10 TURNING	T=HRUBOVANI_VNEJSI S4=120U
→	N15 RAPID X28 Z3	
→	N20 RAPID X28 Z0	
→	N25 F0.3/rev X-2.4 Z0	
→	N30 F0.3/rev X-2.4 Z2	
→	N35 RAPID X150 Z150	
	N40 Finished part:	KLIKA_KONTURA
	N45 Stock removal ▽	T=HRUBOVANI_VNEJSI F0.3/rev V120M
	N50 Stock removal ▽▽	T=DOKONC_VNEJSI F0.2/rev V145M
	N55 Deep hole dr. ⚙	T=VRTAK_3 F0.06/rev V35M X1=13inc
	N60 ØØ1: Pos. cylindr. ⚙	X0=12 C0=0 Z0=-6
	N65 Open slot ▽	⊕ T=FREZA_3 F0.015/t V35M X0=0 Y0=0
	N70 Cutoff	T=UPICHOVAK F0.15/rev V35M R5 X0=22
END	End of program	N=1